

**PERENCANAAN ALTERNATIF STRUKTUR KOMPOSIT
HOTEL NEO CONDOTEL
KOTA BATU**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FAHRIZAL DWI CAHYO
NIM. 145060107111031**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN ALTERNATIF STRUKTUR KOMPOSIT
HOTEL NEO CONDOTEL
KOTA BATU

SKRIPSI
TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FAHRIZAL DWI CAHYO
NIM. 145060107111031

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 06 April 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Taufik Hidayat, MT
NIP. 19611228 1998802 1 001

Dr. Eng. Lilya Susanti, ST, MT
NIP. 201102 850221 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.)
NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi :

Perencanaan Alternatif Struktur Komposit Hotel Neo Condotel Kota Batu

Nama Mahasiswa : Fahrizal Dwi Cahyo

NIM : 145060107111031

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Ir. M. Taufik Hidayat, MT

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Lilya Susanti, ST, MT

Dosen Penguji 3 : Christin Remayanti N., ST., MT

Tanggal Ujian : 28 Maret 2018

SK Penguji : 787/UN 10.F07/PP/2018

RIWAYAT HIDUP

Fahrizal Dwi Cahyo, lahir di Sampang, 29 April 1996, anak kedua dari Bapak Moh. Nasir dan Ibu Siti Nuroh. Mulai memasuki bangku sekolah di SD Negeri Omben 1 sejak tahun 2002 dan lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Sampang dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Sampang dan lulus pada tahun 2014. Kemudian mengenyam bangku perkuliahan hingga lulus S1 (Strata 1) pada tahun 2018 dari Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Malang, April 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Alternatif Struktur Komposit Hotel Neo Condotel Kota Batu.”

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat dukungan dan bimbingan beberapa pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, dan segenap keluarga besar yang telah memberi dukungan moral dan materil demi menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
3. Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
4. Ir. M. Taufik Hidayat, MT. dan Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT selaku dosen pembimbing tugas akhir,
5. Christin Remayanti N., ST., MT, selaku dosen penguji tugas akhir,
6. Staff Recording yang telah membantu dalam administrasi dari awal hingga akhir,
7. Rekan – rekan Teknik Sipil Angkatan 2014 atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini.
8. Untuk Alief Riadin Danisfatus Sunnah, Sahabat – sahabat Cakalang jaya, dan teman-teman Kontrakan suci atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat diperlukan untuk kebaikan di masa depan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, 19 Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xiii
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Tujuan.....	2
1.6 Manfaat.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bangunan gedung tahan gempa.....	5
2.1.1 Gambaran umum.....	5
2.1.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa.....	6
2.2 Komposit	7
2.2.1 Sistem Pelaksanaan Struktur Komposit	9
2.3 Kriteria Perencanaan	9
2.3.1 Kombinasi beban berfaktor.....	9
2.4 Analisis Penampang Komponen Komposit.....	10
2.4.1 Tegangan Elastis Dalam Balok Komposit	10
2.4.2 Lebar efektif balok komposit	11

2.4.3	Kuat lentur nominal balok komposit.....	12
2.4.4	Kuat geser nominal balok komposit	16
2.4.5	Analisa penampang komposit.....	16
2.4.6	Balok-kolom baja.....	17
2.4.7	Sambungan.....	21
2.4.8	Penghubung geser	22
2.5	Analisis beban gempa SNI 1726-2012.....	24
2.5.1	Kategori Gedung.....	24
2.5.2	Respons Spektrum Percepatan Gempa Maksimum	27
2.5.3	Definisi kelas situs	28
2.5.4	Parameter Percepatan Spektrum Desain	29
2.5.5	Parameter Periode Fundamental Pendekatan.....	29
2.5.6	Spektrum Respons Desain	30
2.5.7	Wilayah Gempa	31
2.5.8	Geser Dasar Seismik	32
2.5.9	Distribusi Gaya Gempa.....	33
2.6	Konsep Perencanaan	34
2.7	Metode Analisis dan Desain.....	34
2.7.1	Analisis struktur	34
2.7.2	Analisis portal tiga dimensi	36

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

3.1	Pengumpulan Data	38
3.2	Data Perencanaan	38
3.2.1	Data umum gedung	38
3.2.2	Data Teknis gedung	38
3.3	Prosedur Perencanaan	39
3.3.1	Analisis pembebanan	39

3.3.2	Analisis statika	40
3.3.3	Desain penampang	40
3.3.4	Gambar struktur	40
3.3.5	Gambar denah struktur gedung	40
3.3.6	Diagram alur perencanaan	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Perencanaan Dimensi Struktur	44
4.1.1	Penentuan Tebal Pelat	44
4.1.2	Perencanaan Dimensi Balok	58
4.1.3	Perencanaan Dimensi Kolom	59
4.2	Perencanaan Pembebanan	59
4.3	Analisis Beban Gempa	61
4.4	Pemodelan pada SAP2000 v19	64
4.5	Perencanaan Balok	65
4.5.1	Perencanaan Balok Sebelum Komposit	67
4.5.2	Perencanaan Balok Setelah Komposit	71
4.6	Perencanaan Kolom	84
4.6.1	Kontrol Penampang	85
4.6.2	Akibat Portal Tak Bergoyang	86
4.6.3	Akibat Portal Bergoyang	92
4.7	Perencanaan Penghubung Geser	99
4.8	Perencanaan Sambungan	101
4.8.1	Sambungan Antar Balok - Kolom	102
4.8.2	Sambungan antar kolom	105
4.9	Pembahasan	109
4.9.1	Pembahasan Balok	110
4.9.2	Pembahasan Kolom	111

4.9.3	Pembahasan Penghubung Geser	112
4.9.4	Pembahasan Sambungan.....	112

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	113
5.2	Saran.....	113

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Keuntungan dan Kerugian dari Komposit Komersial (Jurnal Penelitian Characterization and Treatments of Pineapple Leaf Fibre Thermoplastic Composite For Construction Application, Munirah Mochtar, et.al,2007).....	8
Tabel 2. 2	Ukuran minimum las sudut.....	22
Tabel 2. 3	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	24
Tabel 2. 4	Faktor keutamaan gempa	27
Tabel 2. 5	Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2012 Pasal 6.2).....	28
Tabel 2. 6	Koefisien Situs, F_v	28
Tabel 2. 7	Klasifikasi Situs (SNI 1726-2012 Pasal 5.3)	29
Tabel 4. 1	Rekapitulasi kelangsingan profil balok.....	67
Tabel 4. 2	Rekapitulasi kuat lentur balok sebelum komposit.	68
Tabel 4. 3	Rekapitulasi kuat geser balok sebelum komposit	70
Tabel 4. 4	Rekapitulasi kuat lentur positif	75
Tabel 4. 5	Rekapitulasi kuat lentur negatif	81
Tabel 4. 6	Rekapitulasi kuat geser balok setelah komposit	83
Tabel 4. 7	Rekapitulasi jumlah dan jarak antar stud.	101
Tabel 4. 8	Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut antara balok dan kolom.	105

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Efek tipe struktur pada respon kantilever	5
Gambar 2. 2	Macam-macam Struktur Komposit	7
Gambar 2. 3	(a) Diagram Regangan Balok Komposit, (b) Diagram Tegangan pada Balok Komposit dengan Penampang Transformasi	10
Gambar 2. 4	Lebar efektif balok komposit	12
Gambar 2. 5	Distribusi tegangan plastis (Sumber: Setiawan,2008)	13
Gambar 2. 6	Distribusi tegangan plastis	14
Gambar 2. 7	Distribusi tegangan plastis untuk momen negatif	15
Gambar 2. 8	Struktur Portal Statis Tak Tentu.....	18
Gambar 2. 9	Profil Wide Flange.	20
Gambar 2. 10	Jenis-jenis Penghubung Geser.	23
Gambar 2. 11	Spektrum respons desain.....	31
Gambar 2. 12	C_{RS} , koefisien resiko terpetakan, periode respons spektrum 0,2 detik.....	32
Gambar 2. 13	C_{R1} , koefisien resiko terpetakan, periode respons spektrum 1 detik.....	32
Gambar 2. 14	Portal Statis Tak Tentu.....	35
Gambar 3. 1	Denah lantai 1 – 2	40
Gambar 3. 2	Denah lantai 3 – 7.....	41
Gambar 4. 1	Denah Pelat	44
Gambar 4. 2	Plat A.....	45
Gambar 4. 3	Plat B.....	49
Gambar 4. 4	Plat C.....	53
Gambar 4. 5	Plat kantilever D.....	57
Gambar 4. 6	Denah Balok Hotel Neo Condotel Kota Batu.	58
Gambar 4. 7	Denah Kolom 1 Hotel Neo Condotel Kota Batu.....	59
Gambar 4. 8	Peta lokasi Hotel Neo Condotel Kota Batu.....	61
Gambar 4. 9	Respon spectral percepatan di permukaan	62
Gambar 4. 10	Respons spektrum desain	64
Gambar 4. 11	Letak terjadinya momen ultimate maksimum positif pada profil WF 350x350.....	71
Gambar 4. 12	Distribusi tegangan plastis lentur positif.....	72
Gambar 4. 13	Letak terjadinya momen ultimate maximum positif pada profil WF 250x250	74

Gambar 4. 14 Distribusi tegangan plastis lentur positif.....	75
Gambar 4. 15 Letak terjadinya momen ultimate maximum positif pada profil WF 350x350.	76
Gambar 4. 16 Distribusi tegangan plastis lentur negatif.....	77
Gambar 4. 17 Letak terjadinya momen ultimate maximum negatif pada profil WF 250x250	78
Gambar 4. 18 Distribusi tegangan plastis lentur negatif.....	80
Gambar 4. 19 Letak terjadinya N_u maximum pada profil 24' WF 24x14	85
Gambar 4. 20 Struktur portal yang ditinjau	86
Gambar 4. 21 Nomogram faktor panjang tekuk, k (SNI 03-1729-2002 Gb.7.6-2)	87
Gambar 4. 22 Momen ujung akibat portal tak bergoyang pada arah x.....	90
Gambar 4. 23 Momen ujung akibat portal tak bergoyang pada arah y.....	91
Gambar 4. 24 Nomogram faktor panjang tekuk, k (SNI 03-1729-2002 Gb.7.6-2)	92
Gambar 4. 25 Momen ujung akibat portal bergoyang pada arah x.....	96
Gambar 4. 26 Momen ujung akibat portal bergoyang pada arah y.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

NO	Judul	Halaman
Lampiran 1	Denah Gedung	115
Lampiran 3	SAP2000 v18.....	119

DAFTAR SIMBOL

Besaran dasar	Satuan dan singkatannya	Simbol
Beban persatuan panjang	kilogram/meter atau kg/m	w
Berat	kilogram atau kg	W
Faktor keamanan	-	I
Faktor respon gempa	-	C
Faktor keamanan	-	I
Faktor panjang efektif	-	k _c
Faktor reduksi tahanan	-	ϕ
Gaya geser nominal	kilogram atau kg	V _n
Gaya geser perlu	kilogram atau kg	V _u
Gaya aksial tekan	kilogram atau kg	N
Gaya tarik baja	kilogram atau kg	T _s
Gaya tarik tulangan longitudinal	kilogram atau kg	T _{sr}
Gaya tekan baja	kilogram atau kg	C _s
Gaya tekan beton	kilogram atau kg	C _c
Jarak antar penghubung geser dan baut	milimeter atau mm	s
Jari-jari girasi	milimeter atau mm	r
Koefisien wilayah gempa	-	ζ
Kuat tekan beton	Mega Pascal atau MPa	f' _c
Lebar efektif	milimeter atau mm	b _E
Luas penampang baja	milimeter kuadrat atau mm ²	A _s
Luas penampang <i>stud connector</i>	milimeter kuadrat atau mm ²	A _c
Luas penampang tulangan longitudinal	milimeter kuadrat atau mm ²	A _r
Lebar profil	milimeter atau mm	b _f
Lendutan	milimeter atau mm	Δ
Modulus elastisitas	Mega Pascal atau MPa	E
Modulus geser baja	Mega Pascal atau MPa	G
Modulus penampang	milimeter kuadrat	S

	atau mm ²	
Momen	kilogram meter atau kgm	M
Panjang bentang	meter atau m	L
Tahanan nominal	Kilogram atau kg	R _n
Tebal badan profil	milimeter atau mm	t _w
Tebal las	milimeter atau mm	a
Tebal pelat lantai	milimeter atau mm	t _s
Modulus geser baja	Mega Pascal atau MPa	G
Tegangan leleh baja	Kilogram atau kg	f _y
Tinggi profil	milimeter atau mm	d
Waktu getar alami	detik atau s	T

RINGKASAN

Fahrizal Dwi Cahyo, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Perencanaan Struktur Komposit Hotel Neo Condotel Kota Batu*, Dosen Pembimbing: Ir. M. Taufik Hidayat, MT., . Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT.

Bangunan bertingkat tinggi pada saat ini semakin meningkat, terutama pada kota besar. Hal ini dikarenakan semakin banyak kebutuhan namun lahan yang tersedia semakin terbatas. Bangunan bertingkat tinggi harus dapat menjamin keamanan pengguna bangunan tersebut, oleh karena itu dalam merencanakan bangunan bertingkat tinggi harus dapat menahan gaya gempa. Tujuan penulisan skripsi ini yaitu untuk menjelaskan bagaimana perencanaan struktur komposit yang mampu menahan gaya gempa..

Perencanaan pada skripsi ini menggunakan bahan komposit pada bagian baloknya. Balok dan kolom yang digunakan adalah berupa baja dengan profil WF. Konsep perencanaan menggunakan metode LRFD. Pada metode ini diperhitungkan mengenai kekuatan nominal M_n penampang struktur yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*under-capacity*) ϕ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan keamanan dalam perencanaan dan pelaksanaan dilapangan. Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam ultimit M_u dengan kelebihan beban (*overload*) γ (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk faktor keamanan pada analisa struktur dalam menahan beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), angin (*wind*), dan gempa (*earthquake*). Faktor resistensi diperlukan untuk mengantisipasi kemungkinan adanya kelebihan beban.

Pada perencanaan ini dilakukan beberapa kali percobaan dimensi balok dan kolom, hingga mendapatkan profil baja WF yang mampu menahan gaya-gaya dalam yang terjadi dan memenuhi persyaratan yang ada di peraturan. Agar terjadi aksi komposit antara baja dengan beton, maka digunakan penghubung geser. Sambungan untuk antara balok-kolom digunakan las, dan sambungan antar kolom digunakan baut. Keuntungan dari pemakaian struktur komposit ini adalah struktur menjadi lebih kaku serta panjang bentang layan untuk balok semakin besar.

Kata kunci: komposit, gaya gempa, LRFD

SUMMARY

Fahrizal Dwi Cahyo, Civil Engineering, Engineering Faculty of Universitas Brawijaya, March 2018, *Alternative Design of Composite Structure of Neo Condotel Batu City*, Advisor: Ir. M. Taufik Hidayat, MT., Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT.

Skyscrapers and high buildings have been evolved in pace, especially in urban area. This situation was considered demand of necessity but the space was apparently limited. Skyscrapers and other high buildings should be under safety control of people working or living inside of the buildings, therefore in design to build skyscrapers and high buildings must have had survive any conditions such as earthquake. The purpose of this study was to explain on how structural composite design which could survive the earthquake force.

Design in this study employed composite material as the beam of building. Beam and column used were completely made of steel with WF profile. LRFD was held in design concept. Through the method, it counted related to power of M_n as the backed-up structures equals to under capacity factor ϕ , was a smaller number than 1,0 to calculate the safety factor in designing and implementing in the field. Besides, another force factor in ultimate M_u was counted which was overload – γ (amount bigger than 1,0), for the safety factor of analysis structure in holding dead load, live load, the wind and the earthquake force. Further, resistance was needed to anticipate the possibility of overload occurred.

Dimension of experimental beam and column was held in several times to produce WF steel profile which was capable of surviving forces occurred and merit to requirements in specific standardized. In order to create a composite action between steel and concrete therefore usage of shear connector was efficiently beneficial. The connector between beam-column used laser and the connector among columns were builds. Furthermore, the benefit of using composite was the structure of building would be more stiff along with the length of beam was bigger as well.

Keywords: *composite, earthquake force, LRFD*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan gedung bertingkat di Indonesia saat ini meningkat. Hal ini tentunya sangat positif terhadap masyarakat Indonesia dimana pertumbuhan penduduknya setiap tahunnya meningkat. Suatu struktur disebut stabil apabila struktur tersebut tidak mengalami kehancuran selama umur bangunan yang direncanakan. Pada struktur bangunan atas, kolom merupakan komponen struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kehancuran atau kegagalan, maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan bagian atas dari gedung tersebut secara keseluruhan (Asroni,A., 2008).

Salah satu faktor dalam merencanakan bangunan bertingkat tinggi adalah kekuatan struktur bangunan. Hal tersebut sangat berpengaruh dalam bangunan bertingkat tinggi, karena faktor tersebut berkaitan dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam menahan gaya yang bekerja pada struktur tersebut. Indonesia adalah salah satu negara yang dengan intensitas gempa yang sangat tinggi. Oleh karena itu, bangunan harus direncanakan sebaik mungkin agar pengguna dari bangunan tersebut merasa nyaman dan aman terhadap bahaya gempa atau yang lainnya.

Malang merupakan salah satu daerah di Jawa Timur dengan intensitas gempa yang cukup tinggi, hal itu dikarenakan kabupaten Malang dikelilingi oleh gunung-gunung yang masih aktif seperti gunung bromo. Kota Batu salah satu bagian dari kabupaten Malang dimana Kota Batu merupakan salah satu destinasi wisata. Hal ini berpengaruh pada perekonomian di Kota Batu, itu ditunjukkan dengan semakin banyak gedung-gedung bertingkat. Salah satu gedung bertingkat yang berada di Kota Batu yaitu Hotel Neo Condotel Kota Batu dimana gedung ini bertujuan untuk menampung wisatawan yang berlibur di Kota Batu.

Bangunan Hotel Neo Condotel Kota Batu ini direncanakan dengan menggunakan struktur beton bertulang. Konstruksi yang menggunakan struktur beton bertulang memiliki beban mati yang cukup besar, hal tersebut sangat berpengaruh pada beban gempa yang harus ditahan oleh gedung tersebut. Oleh karena itu, perencanaan dengan menggunakan struktur komposit perlu untuk direncanakan. Struktur komposit dipilih karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah pengurangan berat baja, balok baja yang digunakan tidak terlalu tinggi, struktur bangunan menjadi lebih kaku serta panjang bentang layan untuk balok semakin besar.(Charles G. Salmon, 1996).

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang timbul pada struktur bangunan tinggi adalah beban vertikal dari bangunan tersebut atau beban mati gedung. Pada perencanaan bangunan tinggi struktur harus mampu menahan beban-beban yang bekerja. Beban gempa dipengaruhi oleh beban sendiri bangunan, semakin ringan beban sendiri bangunan maka gaya geser akibat gempa semakin kecil.

1.3 Rumusan masalah

1. Bagaimana perencanaan alternatif Hotel Neo Condotel Kota Batu dengan struktur balok komposit dan kolom baja?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam perencanaan Hotel Neo Condotel Kota Batu, yaitu sebagai berikut:

1. Bangunan gedung yang dianalisis yaitu balok dan kolom sehingga perencanaan tidak diikuti oleh perencanaan pondasi, lift, dan tangga.
2. Balok menggunakan bahan komposit sedangkan kolom menggunakan baja.
3. Tidak mengikuti metode ataupun sistem yang digunakan dalam perencanaan pembangunan Hotel Neo Condotel Kota Batu.
4. Analisis sambungan pada SAP2000 tidak diperhitungkan.
5. Semua kaki portal diasumsikan terjepit pada pondasi.
6. Beban diasumsikan sentris terhadap struktur.
7. Sambungan yang digunakan yaitu sambungan baut.
8. Beban horizontal yang ditinjau yaitu beban gempa.
9. Perhitungan analisis struktur untuk mengetahui gaya-gaya dalam akibat beban menggunakan aplikasi analisis struktur SAP2000 v19.
10. Tidak memperhitungkan unsur arsitektur pada bangunan tersebut.
11. Tidak membahas dampak ekonomi.
12. Atap dari beton.

1.5 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari perencanaan struktur pembangunan Hotel Neo Condotel Kota Batu adalah sebagai berikut:

1. Untuk memaparkan hasil perencanaan struktur balok komposit dan kolom baja pada Hotel Neo Condotel Kota Batu.

1.6 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam skripsi ini yaitu:

1. Bagi teknisi maupun praktisi

Diharapkan dapat menjadi acuan atau pembanding antara perencanaan yang telah direncanakan dengan perencanaan dalam tugas ini, sehingga dapat dijadikan bahan untuk referensi dalam membangun suatu bangunan tinggi.

2. Bagi Akademisi

Dapat meningkatkan ilmu serta pemahaman tentang perencanaan struktur komposit beton-baja tahan gempa pada struktur suatu bangunan.

3. Untuk mengaplikasikan ilmu teknik sipil yang telah diperoleh, sehingga dapat dijadikan bekal dalam dunia kerja.

BAB II

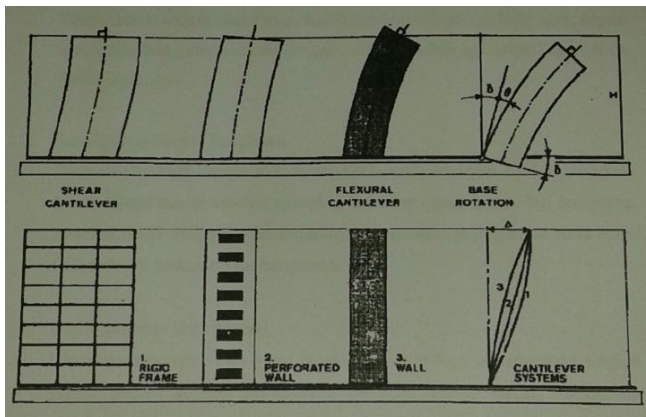
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bangunan gedung tahan gempa

2.1.1 Gambaran umum

Indonesia merupakan suatu wilayah dengan tingkat gempa yang cukup tinggi. Hal itu disebabkan karena banyaknya gunung yang masih aktif. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya kerusakan akibat gempa perlu direncanakan gedung-gedung yang bertingkat tinggi dengan aman agar bahaya gempa dapat dicegah.

Suatu gedung dikatakan tinggi jika pada analisis struktur dan desainnya dipengaruhi oleh beban lateral yang akan menyebabkan goyangan pada bangunan. Goyangan adalah besarnya perpindahan lateral pada bagian atas bangunan terhadap dasarnya. Pada desain bangunan tinggi, sistem struktural harus mempertimbangkan persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas. Persyaratan kekuatan adalah faktor dominan dalam desain. (Taranath, 1998)



Gambar 2. 1 Efek tipe struktur pada respon kantilever

Bangunan tinggi seperti pada Gambar 2.1 merespon beban lateral sebagai *flexural cantilever* yang mana struktur terdiri dari portal dengan dinding geser atau pengaku. Umumnya sistem ini dikontrol melalui rotasi karena telah mempunyai kekakuan terhadap geser yang tinggi yang disediakan oleh dinding masif atau gaya aksial batang diagonal sehingga perpindahan akibat geser dapat diabaikan. Di lain pihak, bangunan tinggi dapat bertindak sebagai *shear cantilever* ketika strukturnya merupakan portal kaku dengan gaya geser ditahan oleh girder dan kolom. Dalam hal ini, efek rotasi misalnya perpendekan aksial

dan perpanjangan kolom dapat diabaikan pada perencanaan awal. Kombinasi kedua sistem tersebut, yaitu portal kaku dengan batang diagonal dapat menghasilkan defleksi berbentuk kurva S dengan tipe struktur portal kaku (*shear cantilever*) berada di atas struktur *flexural cantilever*. Sistem tersebut berlaku pada bangunan tinggi yang mana dinding geser atau pengaku cukup langsing. (Schueller, 1991)

2.1.2 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Menurut Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa-Departemen Pekerjaan Umum (2006), suatu bangunan dikatakan bangunan tahan gempa bila mengikuti konsep bangunan tahan gempa sebagai berikut:

1. Gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dan sebagainya).
2. Gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar atau mengungsi ke tempat aman. Bangunan yang di bangun tahan gempa terdapat beberapa batasan batasan dalam perencanaan dan pelaksanaa, antara lain:
 - a. Penentuan denah bangunan yang digunakan sebaiknya sederhana, simetris dan tidak terlalu panjang.
 - b. Bangunan yang tidak berbentuk simetris sebaiknya menggunakan dilatasi (alur pemisah) sedemikian rupa, sehingga denah bangunan merupakan rangkaian dari denah yang simetris.
 - c. Penempatan dinding-dinding penyekat dan bukaan pintu atau jendela harus dibuat simetris terhadap sumbu denah bangunan.
 - d. Bidang dinding harus berbentuk kotak tertutup.

Tiga sistem struktur penahan gempa, ketiga sistem yang disebutkan dibawah ini merupakan sistem struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan terhadap gaya gempa (terutama daya tahan horisontal) dari gedung bertingkat banyak. (Muto, 1987)

1. Portal terbuka (*open frames*).

2. Portal dinding (*walled frames*).
3. Dinding geser (*shear walls*) dan portal dengan penyokong diagonal (*diagonally braced frames*).

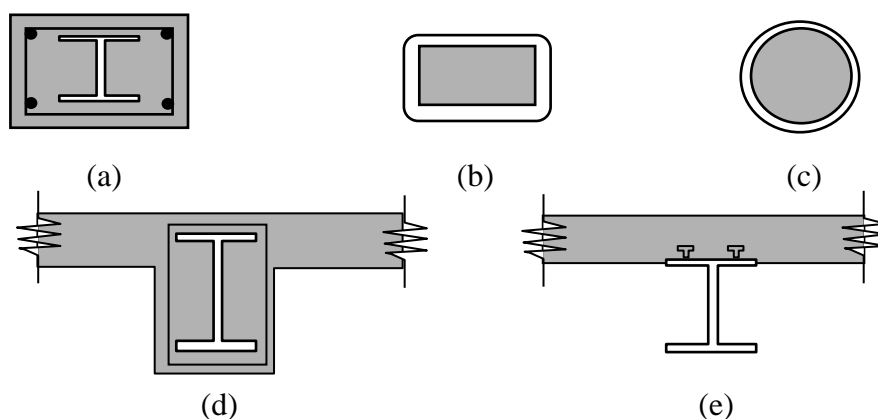
Tujuan dari struktur gedung yang direncanakan tahan gempa adalah:

1. Sedikit mungkin menghindari korban jiwa manusia yang diakibatkan runtuhnya gedung tersebut.
2. Mengijinkan gedung mengalami sedikit kerusakan akibat gempa kecil dan sedang sehingga bisa diatasi.
3. Melindungi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.
4. Mempertahankan setiap layanan vital dari fungsi gedung.

2.2 Komposit

Struktur komposit (*Composite*) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Umumnya struktur komposit berupa :

1. Kolom baja terbungkus beton / balok baja terbungkus beton (Gambar 2.2.a/d).
2. Kolom baja berisi beton/tiang pancang (Gambar 2.2.b/c).
3. Balok baja yang menahan slab beton (Gambar 2.2.e).



Gambar 2. 2 Macam-macam Struktur Komposit

(Sumber: Pujianto, 2011)

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya
(Schwartz, 1997):

1. Bobotnya ringan.
2. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik.
3. Biaya produksi murah.
4. Tahan korosi.

Sedangkan Peter (2002) menjelaskan keuntungan dan kerugian komposit di dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. 1 Keuntungan dan Kerugian dari Komposit Komersial (Jurnal Penelitian Characterization and Treatments of Pineapple Leaf Fibre Thermoplastic Composite For Construction Application, Munirah Mochtar, et.al,2007)

<i>Keuntungan</i>	<i>Kerugian</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Berat berkurang. - Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi. - Sifat-sifat yang mampu beradaptasi: Kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban. - Lebih tahan terhadap korosi. - Kehilangan sebagian sifat dasar material. - Ongkos manufaktur rendah. - Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi. - Sifat-sifat bidang melintang lemah. - Kelemahan matrik, kekerasan rendah. - Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan - Sulit dalam mengikat. - Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik sulit dilakukan, analisis untuk efisiensi damping tidak mencapai consensus.

2.2.1 Sistem Pelaksanaan Struktur Komposit

Metode pelaksanaan suatu komponen struktur komposit (khususnya untuk komponen struktur lentur), secara umum dapat dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya tumpuan sementara (perancah). (Setiawan, 2008)

Apabila tumpuan sementara tersebut tidak digunakan maka profil baja yang menumpu beban-beban yang bekerja selama beton belum mengeras. Setelah beton mengeras maka aksi komposit mulai bekerja, sehingga beban-beban yang bekerja akan dipikul oleh struktur komposit.

Jika menggunakan tumpuan sementara maka semua beban-beban yang bekerja akan dipikul oleh tumpuan sementara. Setelah beton mengeras dan tumpuan sementara tersebut dilepas maka beban-beban akan dipikul oleh struktur komposit.

2.3 Kriteria Perencanaan

2.3.1 Kombinasi beban berfaktor

Sebelum dilakukan kombinasi pembebanan, beban mati dan beban hidup pada pelat akan ditransfer pada balok sebagai beban segitiga dan trapesium. Beban segitiga dan trapesium tersebut harus diekuivalenkan sebagai beban merata. Perhitungan beban merata ekuivalen adalah sebagai berikut : (Budiadi, 2008)

1. Beban Segitiga $q_{ek} = 1/3 \cdot q \cdot l_x$ (2.1.a)

2. Beban Trapesium $q_{ek} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot (l_x/l_y^2) \cdot (l_y^2 - 1/3 \cdot l_x^2)$ (2.1.b)

SNI 2847-2013 menentukan kombinasi beban untuk metode ultimit sebagai berikut :

1. $1,4 D$ (2.2.a)

2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$ (2.2.b)

3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$ (2.2.c)

4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$ (2.2.d)

5. $1,2 D + 1,0 E + L$(2.2.e)

6. $0,9 D + 1,0 W$ (2.2.f)

7. $0,9 D + 1,0 E$ (2.2.g)

Keterangan :

q_{ek} = beban ekuivalen

q = beban merata

l_x = panjang bentang arah x

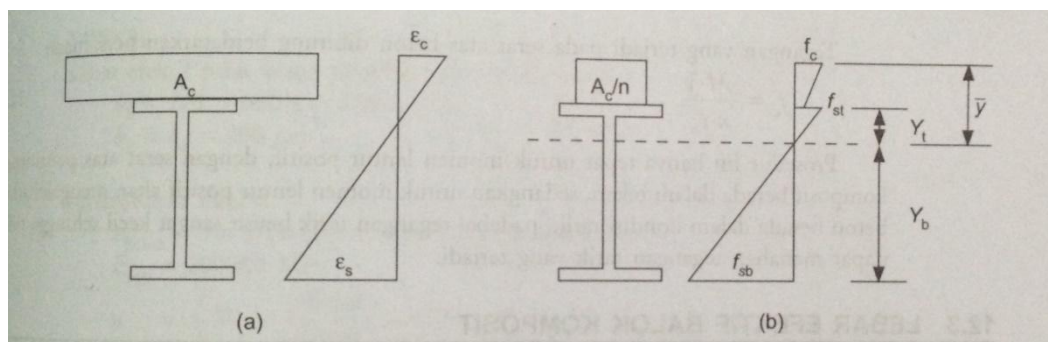
- l_y = panjang bentang arah y
 D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen.
 L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung
 L_r = beban hidup yang diakibatkan oleh pembebanan atap
 R = beban hujan
 W = beban angin
 E = beban gempa

2.4 Analisis Penampang Komponen Komposit

2.4.1 Tegangan Elastis Dalam Balok Komposit

Kuat rencana dari balok komposit biasanya didasarkan pada kondisi saat terjadi keruntuhan, namun perilaku balok komposit pada saat beban layan merupakan salah satu hal penting yang harus dipahami. Lendutan harus dikontrol pada saat beban layan, dan dalam beberapa kasus kuat rencana bisa ditentukan oleh syarat kemampulayanan.

Umumnya penampang beton ditransformasikan menjadi baja, namun mempunyai efek sama dengan beton. Gambar 2.3 menunjukkan sebuah segmen dari balok komposit dengan diagram tegangan dan regangannya. Jika pelat beton dihubungkan secara kaku terhadap profil baja, maka



Gambar 2. 3 (a) Diagram Regangan Balok Komposit, (b) Diagram Tegangan pada Balok Komposit dengan Penampang Transformasi

(Sumber: Setiawan 2008)

Diagram regangan akan mempunyai bentuk seperti gambar tersebut. Hal ini sesuai dengan teori lendutan kecil, yang menyatakan bahwa penampang melintang akan tetap datar sebelum atau sesudah terjadi lentur. Namun distribusi tegangan linier seperti dalam gambar hanya tepat untuk balok homogen. Hubungan antara tegangan dan regangan baja dan beton dapat dinyatakan sebagai:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s \text{ atau } \frac{f_c}{E_c} = \frac{f_s}{E_s} \quad (2.9.a)$$

$$\text{atau } f_s = \frac{E_s}{E_c} f_c = n f_c \quad (2.9.b)$$

$$f_{st} = \frac{M \cdot y_t}{I_{tr}} \quad (2.9.c)$$

$$f_{sb} = \frac{M \cdot y_b}{I_{tr}} \quad (2.9.d)$$

dengan

E_c = modulus elastisitas beton

$n = \frac{E_s}{E_c}$ = rasio modulus

M adalah momen lentur yang harus dipikul

I_{tr} adalah momen inersia terhadap sumbu netral

y_t adalah jarak dari sumbu netral ke serat atas profil baja

y_b adalah jarak dari sumbu netral ke serat bawah profil baja

(Setiawan, 2008)

2.4.2 Lebar efektif balok komposit

Lebar lantai beton yang diperhitungkan dalam perencanaan balok komposit adalah lebar lantai beton yang dapat bekerjasama dengan baja atau disebut juga dengan lebar efektif. Dalam struktur komposit, konsep lebar efektif slab dapat diterapkan sehingga akan memudahkan perencanaan. Spesifikasi LRFD-13.1 telah menetapkan lebar efektif untuk slab beton yang bekerja secara komposit dengan balok baja, sebagai berikut: (Setiawan, 2008)

Untuk gelagar dalam (interior)

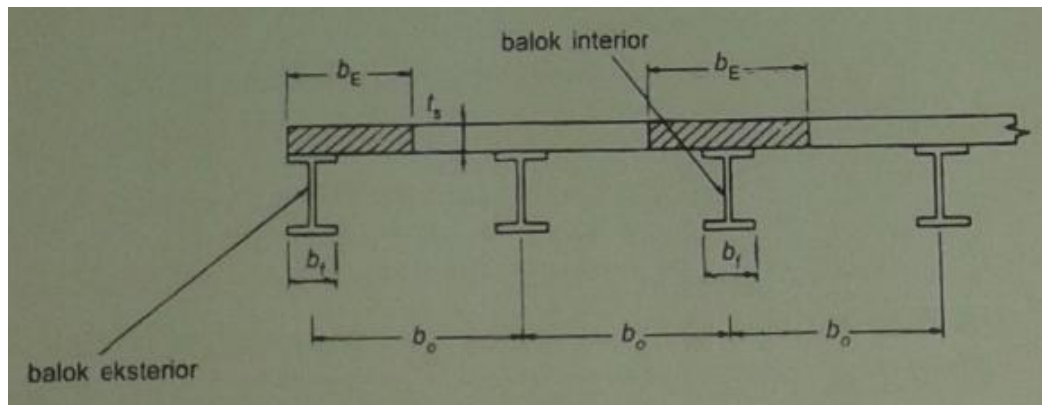
$$a. \quad b_E = L/4 \quad (2.10.a)$$

$$b. \quad b_E = b_0 \quad (2.10.b)$$

Untuk gelagar luar (eksterior)

$$a. \quad b_E = L/8 + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat}) \quad (2.10.c)$$

$$b. \quad b_E = 0,5 b_0 + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat}) \quad (2.10.d)$$



Gambar 2. 4 Lebar efektif balok komposit

(Sumber: Setiawan 2008)

Lebar efektif yang dipakai dipilih yang terkecil.

Keterangan:

L adalah panjang bentang

b_o adalah jarak antar as balok ke baja

2.4.3 Kuat lentur nominal balok komposit

Kuat lentur dari balok komposit di daerah momen positif dikontrol dari kekuatan plastis penampang atau kekuatan pelat beton ataupun dari kekuatan penghubung geser. Bila badan dari penampang baja sangat langsing dan badan menerima tekan dengan porsi besar sehingga terjadi tekuk pada badan, menyebabkan ada batasan terhadap kekuatan nominal balok. (Setiawan, 2008)

a. Kuat lentur positif

Kuat lentur nominal komposit pada kondisi momen positif, kondisi penampang beton adalah tekan. Kuat lentur nominal dari suatu komponen struktur komposit menurut SNI 03-1729-2002 pasal 12.4.2.1 ditentukan sebagai berikut: (Setiawan, 2008)

$$a) \text{ Untuk } h/t_w \leq 1680/\sqrt{f_y} \quad (2.11.a)$$

M_n kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit

$$\Phi = 0,85$$

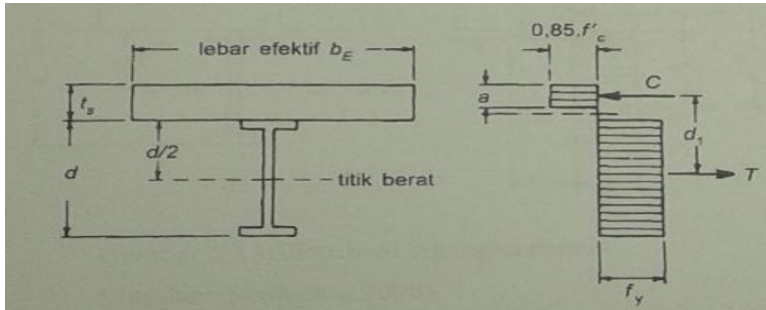
$$b) \text{ Untuk } h/t_w > 1680/\sqrt{f_y} \quad (2.11.b)$$

M_n kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan superposisi tegangan–tegangan elastis yang memperhitungkan pengaruh tumpuan sementara (perancah)

$$\Phi = 0,9$$

Kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis, dapat dikategorikan menjadi dua kasus sebagai berikut: (Setiawan, 2008)

1. Sumbu netral plastis (PNA) jatuh pada pelat beton



Gambar 2. 5 Distribusi tegangan plastis (Sumber: Setiawan,2008)

Dengan mengacu pada Gambar 2.5, maka besar gaya tekan C adalah:

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \quad (2.11.c)$$

Gaya tarik T pada profil baja adalah sebesar:

$$T = A_s \cdot f_y \quad (2.11.d)$$

Untuk menentukan kapasitas momen nominal, harus dicapai keseimbangan gaya, yaitu bila kondisi distribusi tegangan plastis memenuhi $C = T$, maka diperoleh:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E} \quad (2.11.e)$$

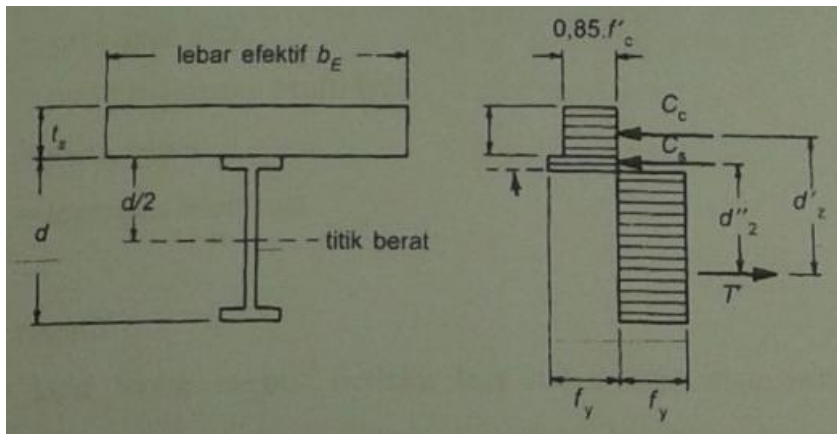
Kuat lentur nominal dapat dihitung dari Gambar 2.8:

$$M_n = C \cdot d_1 \quad (2.11.f)$$

$$\text{atau } T \cdot d_1 = A_s \cdot f_y \cdot (d/2 + t_s - a/2) \quad (2.11.g)$$

Jika dari hasil perhitungan ternyata $a > t_s$ maka asumsi harus diubah. Hasil ini menyatakan bahwa pelat beton tidak cukup kuat untuk mengimbangi gaya tarik yang timbul pada profil baja.

2. Sumbu netral plastis (PNA) jatuh pada profil baja



Gambar 2. 6 Distribusi tegangan plastis

(Sumber: Setiawan, 2008)

Apabila dalam blok tegangan beton, ternyata melebihi tebal pelat beton, maka distribusi tegangan dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.9 gaya tekan C_c yang bekerja pada beton adalah sebesar: (Setiawan, 2008)

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \quad (2.11.h)$$

Dari keseimbangan gaya, diperoleh hubungan.

$$T' = C_c + C_s \quad (2.11.i)$$

Besarnya T' sekarang lebih kecil daripada $A_s \cdot f_y$, yaitu:

$$T' = A_s \cdot f_y - C_s \quad (2.11.j)$$

Dari 2 persamaan di atas, maka diperoleh:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2} \quad (2.10.k)$$

Atau dengan mensubstitusikan persamaan pertama, diperoleh bentuk:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - 0,85 \cdot f'_c \cdot b_E \cdot t_s}{2} \quad (2.11.l)$$

Kuat lentur nominal diperoleh dengan memperhatikan Gambar 2.9:

$$M_n = C_c \cdot d_2' + d_2'' \quad (2.11.m)$$

Keterangan:

C = gaya tekan total

T = gaya Tarik total

A_s = luas penampang profil baja

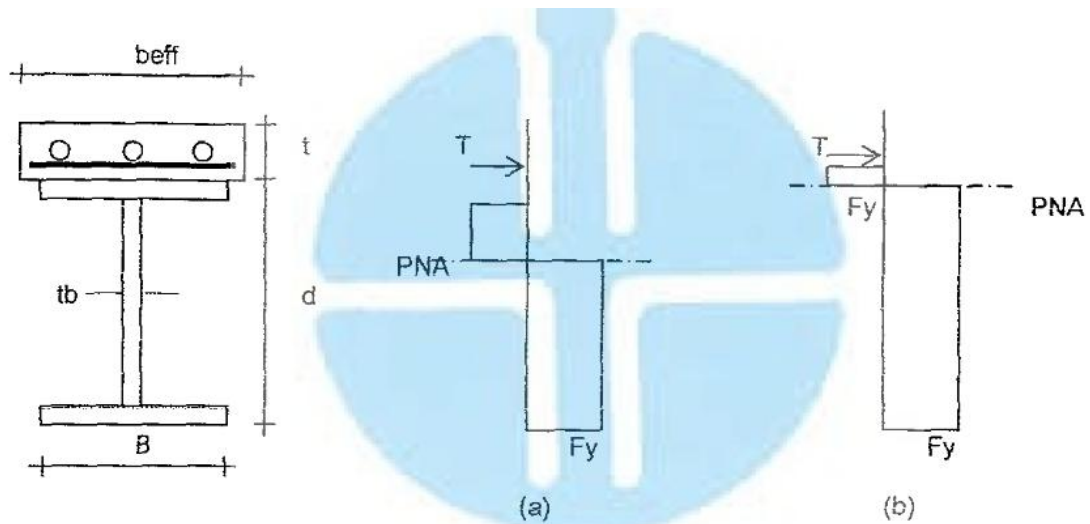
f'_c = mutu beton

f_y = tegangan leleh baja

b. Kuat lentur negatif

Desain kuat lentur negatif berlaku bila baja atau penampang komposit yang digunakan sederhana. Untuk penampang komposit, beton dengan gaya Tarik diabaikan, tetapi memperhitungkan gaya Tarik dari baja tulangan pada pelat beton. Persamaan keseimbangan berlaku dengan ketentuan sebagai berikut: (Setiawan, 2008)

1. Balok baja berupa penampang kompak harus diberi pengaku.
2. Penghubung geser dipasang pada daerah momen negatif luas penampang balok.
3. Batang tulangan longitudinal pada daerah lebar efektif pelat, harus dijangkar dengan baik.



Gambar 2. 7 Distribusi tegangan plastis untuk momen negatif

(Sumber: Jurnal Aksial. Vol. 5, No.3: 95-102)

Dengan menggunakan prinsip kesetimbangan:

$$T_{sr} \text{ (Tarik-tulangan)} + T_s \text{ (Tarik-profil baja)} = C_s \text{ (tekan-profil baja)}$$

Nilai T_{sr} diambil sebagai nilai terkecil dari:

$$a) A_r \cdot f_{yr} \quad (2.11.n)$$

$$b) \sum Q_n \quad (2.11.o)$$

Gaya tekan nominal maksimum dalam penampang balok baja

$$C_{max} = A_s \cdot f_y \quad (2.11.p)$$

Dari persamaan kesetimbangan:

$$C_s = T_{sr} + T_s \quad (2.11.q)$$

$$C_s = C_{max} - T_s \quad (2.11.r)$$

Maka diperoleh:

$$T_s = \frac{C_{max} - T_{sr}}{2} \quad (2.11.s)$$

$$\text{Yang mana } T_{sr} = A_{sr} \cdot f_y \quad (2.11.t)$$

Letak garis netral penampang (PNA) ditentukan dengan asumsi bila nilai C_{max} lebih besar dari T_{sr} , maka PNA terletak di dalam baja. Diasumsikan PNA berada di flens atas penampang baja, maka dapat ditentukan: (Setiawan, 2008)

Jarak serat atas pelat sayap ke PNA

$$y_3 = \frac{T_s}{A_s \cdot f_y} \quad (2.11.u)$$

$$y = \frac{A_s \left(\frac{d}{2}\right) - b_f \cdot y_3 \left(d - \frac{y_3}{2}\right)}{A_s - (b_f \cdot y_3)} \quad (2.11.v)$$

Kuat lentur nominal negatif ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\Phi_b M_n = M_{n1} + M_{n2} \quad (2.11.w)$$

Yang mana

$$M_{n1} = T_{sr} \cdot d_3' = A_{sr} \cdot f_{yr} (d - y + T_s - (T_s/2)) \quad (2.11.x)$$

$$M_{n2} = T_{sr} \cdot d_3' = y_3 = \frac{A_s \cdot f_y \cdot A_{sr} \cdot f_{yr}}{A_s \cdot f_y} \left(d - y - \left(\frac{y_3}{2}\right)\right) \quad (2.11.y)$$

2.4.4 Kuat geser nominal balok komposit

Kuat geser rencana balok komposit, ditentukan berdasarkan kuat geser pelat badan penampang baja. Gaya geser yang terjadi pada balok komposit harus memenuhi persamaan dibawah ini: (Smith, 1996)

$$\Phi V_n \geq V_u \quad (2.12.a)$$

$$0,9 V_n \geq 0,6 \cdot f_y \cdot A_w, \quad (2.12.b)$$

Dimana, A_w = luas kotor pelat badan

2.4.5 Analisa penampang komposit

Ada dua cara analisis yang dapat digunakan untuk mencari tegangan pada struktur komposit yaitu:

- Rumus lentur untuk balok komposit

Menurut Timoshenko untuk menghitung tegangan normal di balok komposit diperoleh dengan memasukkan rumus untuk kelengkungan ke dalam rumus σ_{x1} dan σ_{x2} , jadi. (Gare & Timoshenko, 1972)

$$\sigma_{x1} = - \frac{MyE_1}{E_1I_1 + E_2I_2} \quad (2.13.a)$$

$$\sigma_{x2} = - \frac{MyE_2}{E_1I_1 + E_2I_2} \quad (2.13.b)$$

- Metode penampang tertransformasi

Metode penampang ini terdiri atas transformasi penampang suatu balok komposit menjadi penampang ekuivalen balok imajiner yang terdiri atas hanya satu bahan. (Gare & Timoshenko, 1972)

Pada cara ini luas bagian beton yaitu lebar efektif kali tebal bagian yang tertekan diganti dengan suatu luas baja ekuivalen A_{ek} . (Soehardjono, 2006)

$$A_{ek} = \frac{A_c}{n} \quad (2.13.c)$$

Dimana:

A_c = Luas beton yang tertekan

n = rasio modular = $\frac{E_s}{E_c}$ = perbandingan antara modulus elastisitas baja dan beton

E_s = modulus elastisitas baja (= 200.000 N/mm²)

E_c = modulus elastisitas beton (= 4.700 $\sqrt{f'_c}$ N/mm²)

f'_c = tegangan tekan beton umur 28 hari dengan benda uji silinder (N/mm²)

Pada analisis perhitungan ini, perlu diadakan beberapa asumsi:

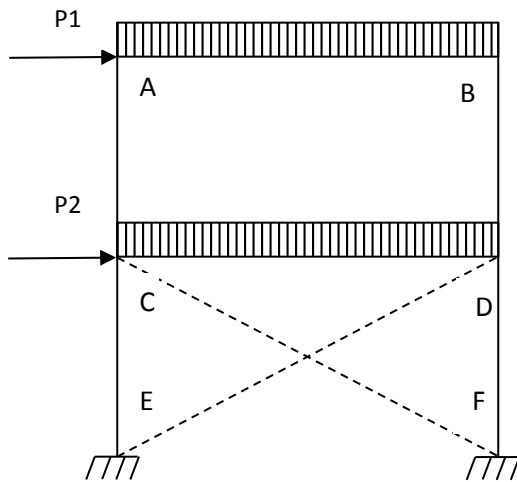
1. Penghubung geser (*shear connector*) antara baja dan beton dianggap cukup kaku, sehingga slip dapat diabaikan.
2. Baja dan beton adalah bahan elastis linier (*linearly elastic materials*).
3. Beton yang mengalami tegangan tarik dianggap tidak bekerja.

(Soehardjono, 2006)

2.4.6 Balok-kolom baja

Suatu komponen struktur harus mampu memikul beban aksial (tarik/tekan) serta momen lentur. Apabila besarnya gaya aksial yang bekerja cukup kecil dibandingkan momen lentur yang bekerja, maka efek dari gaya aksial tersebut dapat diabaikan dan komponen struktur tersebut dapat didesain sebagai komponen balok lentur. Namun apabila komponen struktur memikul gaya aksial dan momen lentur yang tidak dapat diabaikan salah satunya, maka komponen struktur tersebut dinamakan balok-kolom (*beam-column*) (Agus Setiawan, 2008).

Elemen balok-kolom umumnya dijumpai pada struktur-struktur statis tak tertentu. Misalkan pada struktur portal statis tak tertentu pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 8 Struktur Portal Statis Tak Tentu.

Akibat kondisi pembebanan yang bekerja, maka batang AB tidak hanya memikul beban merata saja namun juga memikul beban lateral P1. Dalam hal ini efek lentur dan gaya tekan P1 yang bekerja pada batang AB harus dipertimbangkan dalam proses desain penampang batang AB, maka batang AB harus didesain sebagai suatu elemen balok-kolom. Selain, batang AB yang didesain sebagai elemen balok-kolom, batang AC, BD, CE, DF, juga didesain sebagai elemen balok kolom. Karena selain memikul gaya aksial akibat reaksi dari balok-balok AB dan CD, efek lentur dan efek gaya aksial yang bekerja tidak bisa diabaikan salah satunya. Berbeda dengan batang CD yang hanya didominasi oleh efek lentur, gaya lateral P2 telah dipikul oleh pengaku-pengaku (*bracing*) bentuk X. Sehingga batang CD dapat didesain sebagai suatu elemen balok tanpa pengaruh gaya aksial (Agus Setiawan : 2008).

a. Interaksi Momen Aksial

Dalam perencanaan komponen struktur balok-kolom, diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 11.3 yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut :

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} < 0,2 \text{ maka } \frac{N_u}{2\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.14.a)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2 \text{ maka } \frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.14.b)$$

Dengan,

N_u = gaya tekan aksial terfaktor, N.

- ϕN_n = kuat nominal penampang, N.
 ϕ = faktor reduksi tahanan tekan (0,85).
 M_{ux}, M_{uy} = momen lentur terfaktor sumbu x, sumbu y.
 M_{nx}, M_{ny} = momen nominal untuk lentur sumbu x, sumbu y.
 ϕ_b = faktor reduksi tahanan lentur = 0,9.

b. Pembesaran Momen untuk Komponen Struktur Tak Bergoyang

Untuk suatu komponen struktur tak bergoyang, maka besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai berikut :

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} \quad (2.14.c)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{cr}} \right)} \geq 1,0 \quad (2.14.d)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{kL}{r} \right)^2} \quad (2.14.e)$$

Dengan,

M_{ntu} = momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang tidak menimbulkan goyangan.

δ_b = faktor pembesaran momen untuk komponen struktur tak bergoyang.

N_u = gaya tekan aksial terfaktor.

N_{cr} = gaya tekan menurut Euler dengan kL/r terhadap sumbu lentur dan $k \leq 1,0$ (untuk komponen struktur tak bergoyang).

Nilai C_m ditentukan sebagai berikut :

- 1) Untuk komponen struktur tak bergoyang dengan beban transversal di antara kedua tumpuannya, maka besar C_m dapat ditentukan berdasarkan analisis rasional sebagai berikut :

$C_m = 1,0$, untuk komponen struktur dengan ujung sederhana.

$C_m = 0,85$, untuk komponen struktur dengan ujung kaku.

- 2) Sedangkan untuk komponen struktur tak bergoyang dengan beban transversal di antara kedua tumpuannya, namun mempunyai momen ujung M_1 dan M_2 ($M_1 < M_2$) maka C_m akan mengkonversikan momen lentur yang bervariasi secara linear menjadi momen lentur seragam

$$M_E = C_m \cdot M_2 \quad (2.14.f)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (2.14.g)$$

Rasio $\frac{M_1}{M_2}$ bernilai negatif untuk kelengkungan tunggal dan bernilai positif untuk kelengkungan ganda.

c. Pembesaran Momen untuk Komponen Struktur Bergoyang

Untuk komponen struktur bergoyang, maka besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai berikut :

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \quad (2.14.h)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \sum N_u \left(\frac{\Delta_{oh}}{H \cdot L} \right)} \quad (2.14.i)$$

Atau,

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\sum N_{cr}}} \quad (2.14.j)$$

Dengan,

M_{ltu} = momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang dapat menimbulkan goyangan.

$\sum N_u$ = jumlah gaya aksial tekan terfaktor akibat beban gravitasi untuk seluruh kolom pada satu tingkat yang ditinjau.

N_{cr} = gaya tekan menurut Euler dengan kL/r terhadap sumbu lentur dan $k \geq 1,0$.

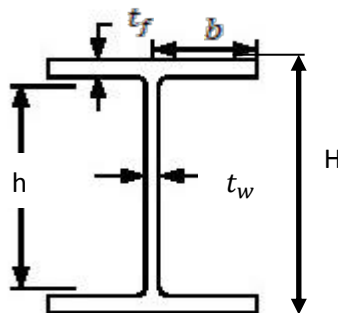
Δ_{oh} = simpangan antar lantai pada tingkat yang sedang ditinjau.

L = tinggi tingkat.

d. Tekuk Lokal Web Pada Komponen Struktur Balok-Kolom

Untuk menentukan tahanan lentur rencana dari suatu profil, maka terlebih dahulu harus diperiksa kekompakan dari penampang tersebut. Syarat kelangsingan badan atau kekompakan badan sebagai berikut :

Nilai banding $\frac{h}{t_w}$, Akan lebih kritis jika $h = H - (2 \cdot C_x)$



Gambar 2. 9 Profil Wide Flange.

Kelangsingan dari web dapat dikategorikan menjadi tiga bagian :

- 1) Jika $\lambda \leq \lambda_p$, maka penampang kompak
- 2) Jika $\lambda < \lambda \leq \lambda_r$, maka penampang tak kompak
- 3) Jika $\lambda > \lambda_r$, maka penampang langsing

Table 7.5.1 SNI 03-1729-2002 memberikan batasan nilai untuk λ_p dan λ_r sebagai berikut :

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} < 0,125, \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{2,75 \cdot N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] \quad (2.14.k)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} > 0,125, \lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left[2,33 - \frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] > \frac{665}{\sqrt{f_y}} \quad (2.14.l)$$

$$\text{Untuk semua nilai, } \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{0,74 \cdot N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] \quad (2.14.m)$$

Dengan $N_y = A_g \cdot f_y$ adalah gaya aksial yang diperlukan untuk mencapai kondisi batas leleh.

2.4.7 Sambungan

a. Sambungan baut

$$\text{Tahanan geser } (\Phi R_n) = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.15.a)$$

$$\text{Tahanan tarik } (\Phi R_n) = 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2.15.b)$$

$$\text{Tahanan tumpu } (\Phi R_n) = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.15.c)$$

Tahanan nominal yang diambil adalah yang terkecil.

$$\text{Jumlah baut, } n = V_u / \Phi R_n \quad (2.15.d)$$

Keterangan:

r_1 = 0,5 (baut tanpa ulir pada bidang geser)

= 0,4 (baut dengan ulir pada bidang geser)

f_u^b adalah tegangan tarik putus baut

A_b adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

f_u adalah tegangan tarik putus terendah dari baut atau pelat

t_p adalah tebal pelat

m adalah jumlah bidang geser

kontrol jarak baut:

$$\text{jarak tepi minimum} : 1,5 \text{ db} \quad (2.15.e)$$

$$\text{jarak tepi maksimum} : (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad (2.15.f)$$

$$\text{jarak minimum anatar baut} : 3 \text{ db} \quad (2.15.g)$$

jarak maksimum antar baut : 1,5 tp atau 200 mm (2.15.h)

(SNI 03-1729-2002)

b. Sambungan las

Tahanan nominal las sudut

$$\text{Dengan } R_u \leq \Phi R_{nw} = 0,75 \cdot t_c \cdot (0,6 f_{uw}) \text{ (las)} \quad (2.15.i)$$

$$R_u \leq \Phi R_{nw} = 0,75 \cdot t_c \cdot (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)} \quad (2.15.j)$$

Keterangan:

f_{uw} adalah tegangan Tarik putus logam las

f_u adalah tegangan Tarik putus bahan dasar

t_c adalah tebal efektif las (mm)

(SNI 03-1726-2012)

Panjang efektif las sudut

$$L_w = \frac{R_u}{\Phi R_{nw}} \quad (2.15.k)$$

Tabel 2. 2 Ukuran minimum las sudut

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut, a (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$t > 15$	6

Sedangkan pembatasan ukuran maksimum las sudut:

- Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6,4 mm, diambil setebal komponen
- Untuk komponen dengan tebal 6,4 atau lebih, diambil 1,6 mm kurang dari tebal komponen.

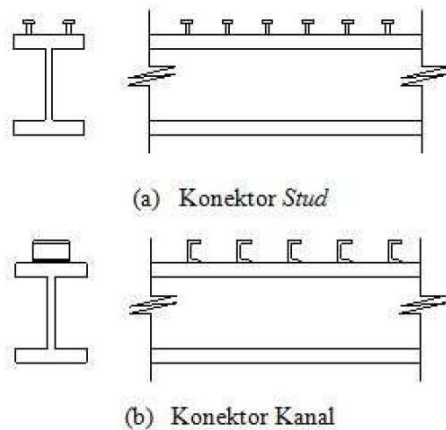
(SNI 03-1726-2012)

2.4.8 Penghubung geser

Desain komposit baja-beton balok sangat tergantung pada mekanisme transfer geser yang disediakan oleh penghubung geser (*shear connector*). Penghubung geser berfungsi untuk menahan geser horisontal yang terjadi selama pembebanan. Supaya didapat penampang yang sepenuhnya komposit, penghubung geser harus cukup kaku sehingga dapat

menahan geseran (*slip*) yang terjadi pada bidang pertemuan antara beton dan balok baja. (Salmon, dkk, 1991)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03 - 1729 - 2002 Kapasitas suatu penghubung geser untuk dapat menahan gaya geser horizontal dipengaruhi oleh kekakuan dan luas bidang kontak penghubung geser tersebut dengan beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya deformasi pada penghubung geser yaitu bentuk dan ukurannya, lokasinya pada balok, lokasi momen maksimum dan cara pemasangannya pada balok baja.



Gambar 2. 10 Jenis-jenis Penghubung Geser.

Penghubung geser yang umum dipakai berupa potongan baja kanal atau stud berkepala yang dilas pada sayap atas dari balok baja. Panjang stud terpasang minimal empat kali diameter batang stud. Tebal beton diatas puncak penghubung geser minimal 25 mm, kecuali jika penghubung geser dipasang di atas dek baja berprofil. (Setiawan, 2008)

Untuk komposit yang bekerja menahan momen lentur positif, gaya geser horisontal total antara titik momen nol harus diambil nilai terkecil dari: (Setiawan, 2008)

$$1. 0,85 \cdot f_c' \cdot A_c \quad (2.16.a)$$

$$2. A_s \cdot f_y \quad (2.16.b)$$

$$3. \sum Q_n \quad (2.16.c)$$

a. Kuat geser stud

Kuat geser nominal (Q_n) untuk satu stud baja yang tertanam dalam pelat beton adalah:

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \quad (2.16.d)$$

Keterangan:

A_{sc} adalah luas penampang bersih stud (mm^2)

f_u adalah kuat tarik minimum stud (Mpa)

E_c adalah modulus elastisitas beton

$E_c = w^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'}$, dimana w = berat volume beton

Diameter stud maksimal adalah 2,5 kali tebal sayap balok baja, kecuali jika stud dilas tepat diatas badan balok baja. (Setiawan, 2008)

b. Kuat geser kanal

Kuat geser nominal (Q_n) penghubung geser kanal yang tertanam dalam pelat beton adalah:

$$Q_n = 0,3 \cdot (t_f + 0,5 t_b) \cdot L_c \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \quad (2.16.e)$$

Keterangan:

t_f adalah tebal sayap kanal

t_b adalah tebal badan kanal

L_c adalah panjang kanal

Jumlah penghubung geser yang diperlukan pada daerah yang dibatasi oleh titik momen lentur maksimum, positif atau negatif dan momen nol yang berdekatan adalah sama dengan gaya geser horizontal total V_h yang bekerja dibagi dengan kuat nominal satu sambungan geser Q_n

$$N = \frac{V_h}{Q_n} \quad (2.16.f)$$

(Setiawan, 2008)

2.5 Analisis beban gempa SNI 1726-2012

2.5.1 Kategori Gedung

Pada SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2, berdasarkan fungsinya gedung akan di klasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	I
- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan	
- Fasilitas sementara	

- Gudang penyimpanan	
- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	II
- Perumahan	
- Rumah toko dan rumah kantor	
- Pasar	
- Gedung perkantoran	
- Gedung apartemen/ rumah susun	
- Pusat perbelanjaan/ mall	
- Bangunan industry	
- Fasilitas manufaktur	
- Pabrik	
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
- Bioskop	
- Gedung pertemuan	
- Stadion	
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat	
- Fasilitas penitipan anak	
- Penjara	
- Bangunan untuk orang jompo	

Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
- Pusat pembangkit listrik biasa	
- Fasilitas penanganan air	
- Fasilitas penanganan limbah	
- Pusat telekomunikasi	
Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:	IV
- Bangunan-bangunan monumental	
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	
- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat	
- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat	
- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat	

perlindungan darurat lainnya	
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat	
- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat	
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

Tabel 2. 4 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2.5.2 Respons Spektrum Percepatan Gempa Maksimum

Penentuan respons spektrum percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismic periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S \quad (2.3.a)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.2.b)$$

Keterangan

S_s : parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan periode pendek

S_1 : parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan periode 1,0 detik

Tabel 2. 5 Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2012 Pasal 6.2)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 2. 6 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode pendek, $T=1,0$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(SNI 1726-2012 Pasal 6.2)

2.5.3 Definisi kelas situs

Pada SNI 1726-2012 pasal 5.3, Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs (SNI 1726-2012 Pasal 5.3)

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser nirair $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

2.5.4 Parameter Percepatan Spektrum Desain

Parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan sebagai berikut:

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \quad (2.4.a)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \quad (2.4.b)$$

(SNI 1726-2012 Pasal 6.3)

2.5.5 Parameter Periode Fundamental Pendekatan

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan, T_a , dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa untuk Sistem Rangka Pemikul Momen secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1N \quad (2.5)$$

Keterangan:

N = Jumlah tingkat

(SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2.1)

2.5.6 Spektrum Respons Desain

Penggambaran respons spektrum pada masing-masing wilayah gempa dan jenis tanah adalah sebagai berikut:

a) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.6.a)$$

b) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS}

c) Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.6.b)$$

Keterangan:

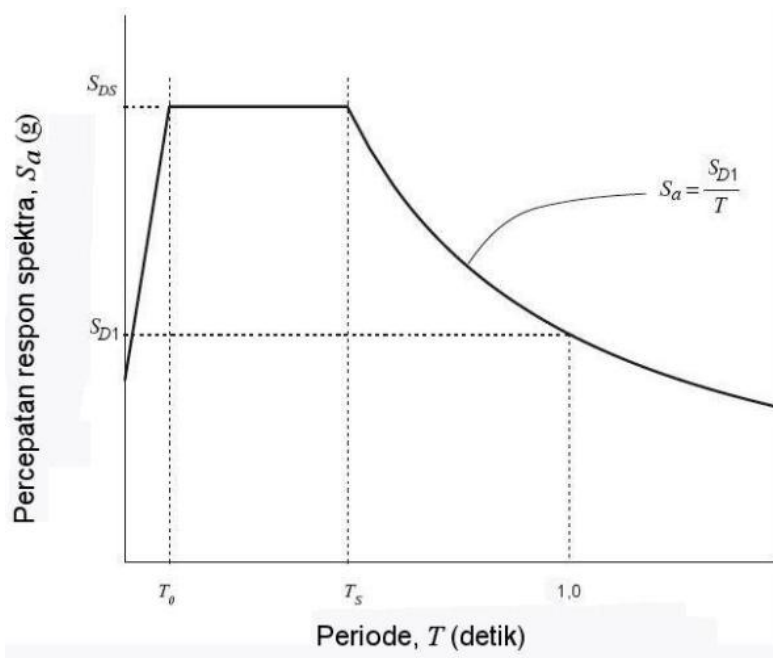
S_{DS} = parameter respons spectral percepatan desain pada periode pendek

S_{D1} = parameter respons spectral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.6.c)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.6.d)$$

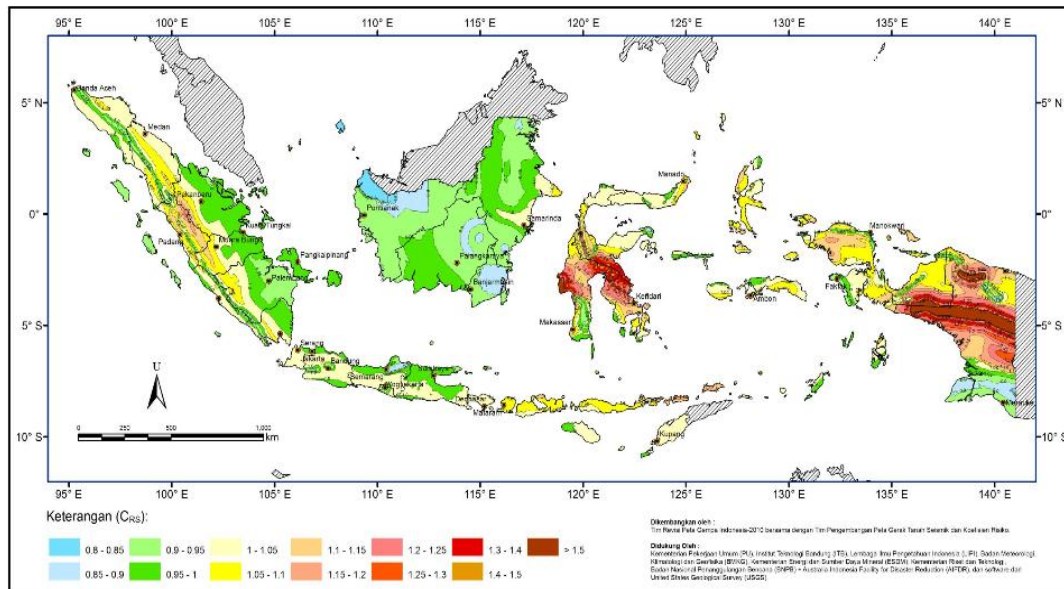


Gambar 2. 11 Spektrum respons desain
(SNI 1726-2012 Pasal 6.4)

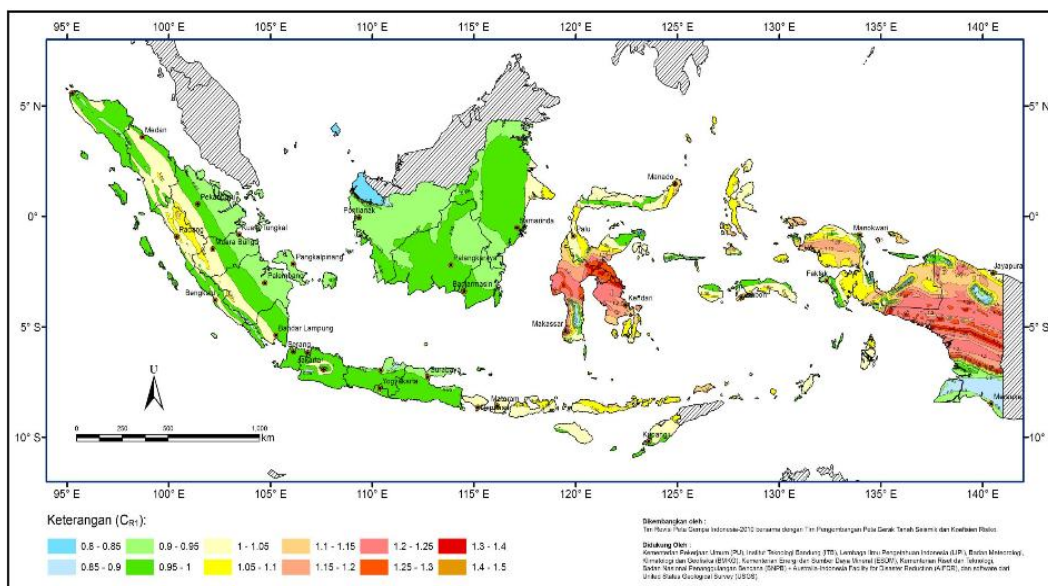
2.5.7 Wilayah Gempa

Parameter percepatan gempa ditentukan berdasarkan 2 hal yaitu, parameter percepatan terpetakan dan kelas situs. Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04$ g dan $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A. (SNI 1762-2012 Pasal 6.1.1)

Sedangkan kelas situs mengatur klasifikasi berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD,SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF. (SNI-1762-2012 Pasal 6.1.2)



Gambar 2. 12 C_{RS} , koefisien resiko terpetakan, periode respons spektrum 0,2 detik



Gambar 2. 13 C_{R1} , koefisien resiko terpetakan, periode respons spektrum 1 detik

2.5.8 Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan dengan persamaan berikut: (SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1)

$$V = C_s \cdot W_{tot} \quad (2.7.a)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respon seismik

W_{tot} = berat seismik efektif gedung

Perhitungan koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut: (SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1.1)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.7.b)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Ketentuan:

a) Nilai C_s , yang dihitung tidak perlu melebihi hasil persamaan berikut:

$$C_{s \text{ (maks)}} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.7.c)$$

b) Dan juga besarnya nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari hasil persamaan berikut:

$$C_{s \text{ (min)}} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (2.7.d)$$

2.5.9 Distribusi Gaya Gempa

Gaya gempa yang akan direncanakan pada elemen struktur dibagi menjadi:

a. Gaya gempa lateral (F_x), gaya yang akan timbul pada semua tingkat, yang harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_i = C_{vx} V = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V \quad (2.8.a)$$

b. Gempa horizontal (V_x), geser tingkat desain gempa di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.8.b)$$

Keterangan:

F_i = bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i (kg)

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kg)

w_i = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i

h_i = tinggi dari dasar sampai tingkat i (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut:

- Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$

Untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.6 Konsep Perencanaan

Perencanaan yang dipakai adalah pendekatan umum berdasarkan faktor daya tahan dan beban, atau disebut dengan *Load Resistance Design Factor* (LRFD). Pada metode ini diperhitungkan mengenai kekuatan nominal M_n penampang struktur yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*under-capacity*) ϕ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidak-pastian dalam besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*). Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam ultimit M_u dengan kelebihan beban (*overload*) γ (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk menghitung ketidak-pastian dalam analisa struktur dalam menahan beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), angin (*wind*), dan gempa (*earthquake*).

Struktur dan batang struktural harus selalu direncanakan memikul beban yang lebih besar daripada yang diperkirakan dalam pemakaian normal. Kapasitas cadangan ini disediakan terutama untuk memperhitungkan kemungkinan beban yang berlebihan. Selain itu, kapasitas cadangan juga ditujukan untuk memperhitungkan kemungkinan pengurangan kekuatan penampang struktur. Penyimpangan pada dimensi penampang walaupun masih dalam batas toleransi bisa mengurangi kekuatan. Terkadang penampang baja mempunyai kekuatan leleh sedikit di bawah harga minimum yang ditetapkan, sehingga juga mengurangi kekuatan.

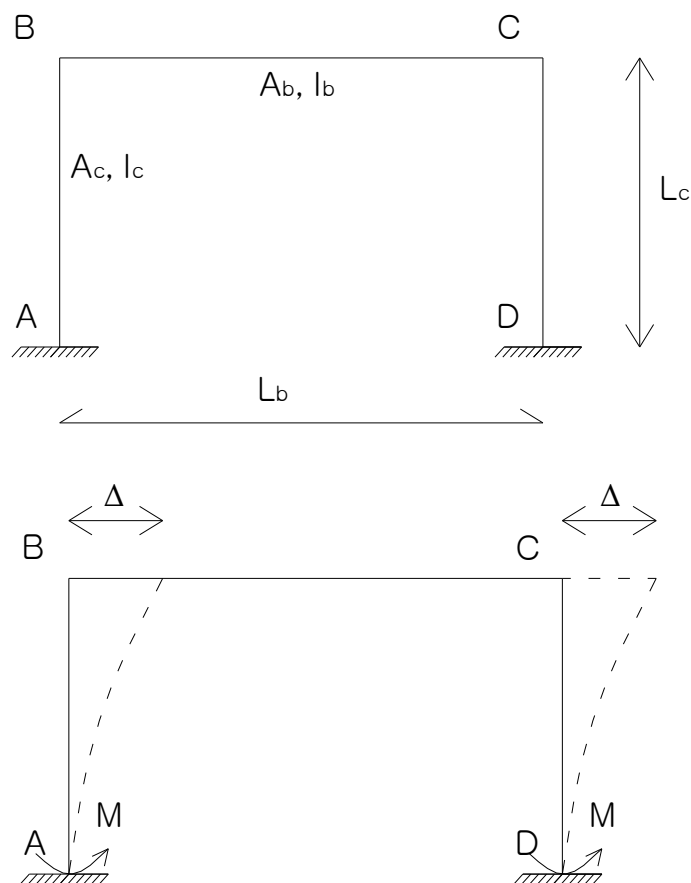
2.7 Metode Analisis dan Desain

2.7.1 Analisis struktur

Analisis struktur menurut cara-cara mekanika teknik yang baku merupakan praperencanaan bagi desain struktur. bentuk dan besarnya ukuran penampang akibat pembebanan akan menentukan desain. Analisis dengan bantuan computer menggunakan aplikasi analisis struktur dalam mendapatkan bentuk dan besarnya sistem struktur berupa gaya-gaya dalam harus dilakukan dengan model-model matematik yang mensimulasikan keadaan struktur yang sesungguhnya dilihat dari bahan dan kekakuan unsur-unsurnya. Dengan menggunakan bantuan aplikasi komputer akan mempermudah perhitungan analisis struktur, khususnya struktur statis tak tentu.

Struktur statis tak tentu mempunyai beberapa kelebihan dibanding struktur statis tertentu. Kelebihan tersebut diantaranya : momen lentur lebih kecil sehingga defleksinya berkurang dan penampang juga menjadi lebih kecil. Perbedaan yang signifikan ada struktur statis tertentu dan statis tak tentu adalah adanya aksi tahanan yang berkembang pada struktur statis tak tentu akibat adanya perubahan bentuk yang ada padanya. Reaksi yang dihasilkan oleh tumpuan akibat aksi prategang disebut reaksi sekunder. Reaksi sekunder ini menghasilkan momen dan geser sekunder.

Portal Statis Tak Tentu, pada rangka statis tak tentu terjadi hal yang sama dengan balok statis tak tentu. Untuk mendapatkan pengaruh sekunder dari prategang dapat digunakan metode beban ekuivalen.



Gambar 2. 14 Portal Statis Tak Tentu

Pada portal tunggal seperti pada gambar, bagian atas portal pindah secara horizontal sebesar $\Delta = \frac{P \cdot L_b}{2 E_c A_b}$. Momen jepit pada kolom akibat perpindahan Δ adalah $M = \frac{6 E_c I_c}{L_c^2} \Delta$. Tidak seperti pada balok statis tak tentu, perpendekan aksial pada balok dapat ditahan oleh kekakuan kolom pendukungnya sehingga berkurang secara signifikan. Dengan demikian kekakuan kolom sangat menentukan perpendekan aksial dari balok pada portal. Perpendekan

aksial juga bisa disebabkan oleh susut dan rangkak. Apabila kolom mengalami perpendekan aksial pada baloknya, maka analisis tambahan harus dilakukan. Perpendekan aksial atau hal-hal lain yang mempengaruhi portal, seperti susut, rangkak, pengaruh $P-\delta$ dan lain-lain, diperhitungkan sebagai pengaruh tersier. Pengaruh tersier bisa ditambahkan pada pengaruh sekunder dan primer untuk memperoleh pengaruh total struktur portal. (Budiadi, 2008)

Pada portal yang berada pada suatu sistem struktur yang terdiri dari portal berbagai arah, pengaruh prategang pada umumnya sangat kecil sehingga bisa diabaikan. Tetapi untuk portal dua dimensi, perpendekan aksial sangat mempengaruhi momen primer maupun sekunder sehingga pengaruh perpendekan tersebut diakomodasi dalam desain. Dalam perencanaan portal beton prategang, pengaruh utama seperti beban hidup, beban mati, dan beban lateral (angin, gempa) ditentukan terlebih dahulu, kemudian pengaruh sekunder dan tersier ditentukan. Penjumlahan dari pengaruh-pengaruh tersebut digunakan untuk pendimensian ulang komponen portal. Prosedur perencanaan portal beton prategang melibatkan perhitungan momen primer, sekunder dan tersier; serta melakukan analisis lentur, geser, puntir, dan lain-lain. (Budiadi, 2008)

2.7.2 Analisis portal tiga dimensi

Struktur terbentuk dari elemen-elemen batang lurus (lazimnya prismatik) yang dirangkai dalam ruang tiga dimensi, dengan sambungan antar ujung-ujung batang diasumsikan kaku sempurna. Namun, dapat dipindah tempat dan berputar dalam ruang tiga dimensi. Beban luar yang bekerja boleh berada pada titik-titik buhul maupun pada titik-titik di sepanjang batang dengan arah sembarang. Posisi tumpuan yang berupa jepit atau sendi, harus berada pada titik-titik buhul. Mengingat sambungan antar ujung-ujung batang adalah kaku sempurna yang dapat menjamin stabilitas elemen, maka sistem portal tiga dimensi ini meskipun lazim mendekati bentuk-bentuk segiempat, namun, pada prinsipnya diperbolehkan berbentuk sembarang. Elemen-elemen pembentuk portal tiga dimensi (*space frame sistem*) tersebut akan dapat mengalami gaya-gaya dalam (*internal forces*) berupa: momen lentur (*bending moment*) dalam dua sumbu putar, momen torsi (*torsional moment*), gaya geser dalam dua arah, dan gaya aksial. Berbagai contoh struktur di lapangan yang dapat diidealisasikan menjadi sistem portal tiga dimensi antara lain adalah struktur portal gedung bertingkat banyak, struktur bangunan industri/pabrik, struktur jembatan berbentuk panjang, struktur dermaga, dan sejenisnya, yang ditinjau secara tiga dimensi. (Nasution, 2000)

Portal ruang mempunyai enam komponen reaksi disetiap tumpuan. Tiga komponen x , y , z serta tiga kopel M_x , M_y , dan M_z . Pada titik kumpul kaku mempunyai tiga persamaan gaya

dan tiga persamaan momen, resultan tegangan disetiap batang bisa enam dari 12 gaya diketahui sehingga setiap batang memberi enam gaya yang tak diketahui. (Nasution, 2000)

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan gambar dari tim teknis proyek Gambar rencana berguna sebagai acuan untuk merencanakan gedung dalam skripsi ini.

3.2 Data Perencanaan

3.2.1 Data umum gedung

Hotel Neo Condotel Kota Batu merupakan gedung hotel. Data-data lain mengenai gedung adalah sebagai berikut

Data-data lain mengenai gedung adalah sebagai berikut:

Gedung : Hotel Neo Condotel Kota Batu.

Lokasi : Jl. Abdul Gani Atas, Kec. Batu, Kota Batu, Jawa Timur.

Fungsi : Lantai 1 sampai 7 untuk Kamar Hotel.

Waktu Pelaksanaan : 17 Bulan (Januari 2017 – Mei 2018)

3.2.2 Data Teknis gedung

Struktur Gedung : lantai 1 sampai 7 menggunakan struktur beton bertulang.

Jumlah Lantai : 7 lantai

Tinggi Bangunan : $\pm 20,6$ m

Tinggi Tiap Lantai

Lantai 1-2 : 3,8m

Lantai 2-3 : 4,2 m

Lantai 3 - atap : masing-masing 3,15 m

Mutu Beton : $f'_c = 25 \text{ Mpa}$

Mutu Baja : $f_y = 390 \text{ Mpa}$

3.3 Prosedur Perencanaan

Secara garis besar langkah-langkah perencanaan struktur pada Hotel Neo Condotel Kota Batu meliputi hal-hal sebagai berikut:

3.3.1 Analisis pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan pada Hotel Neo Condotel Kota Batu secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati
2. Beban Hidup
3. Beban Angin
4. Beban Gempa

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas, maka beton bertulang Hotel Neo Condotel Kota Batu harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan berikut ini:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + L$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D + 1,0 E$

Keterangan:

D : beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen

L : beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung

A : beban atap

R : beban hidup

W : beban angin

E : beban gempa

3.3.2 Analisis statika

Dalam perencanaan Skripsi ini digunakan analisis spectrum respons desain untuk menghitung gaya pada struktur akibat gaya gempa. Adapun cara menganalisisnya yaitu dengan menggunakan aplikasi analisis struktur SAP2000 v19. Penggunaan aplikasi analisis struktur SAP2000 v19 bertujuan untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur (momen, gaya aksial, dan gaya geser).

3.3.3 Desain penampang

Prinsip dasar yang digunakan untuk mendesain penampang pada Hotel Neo Condotel Kota Batu adalah dengan menggunakan konsep LRFD.

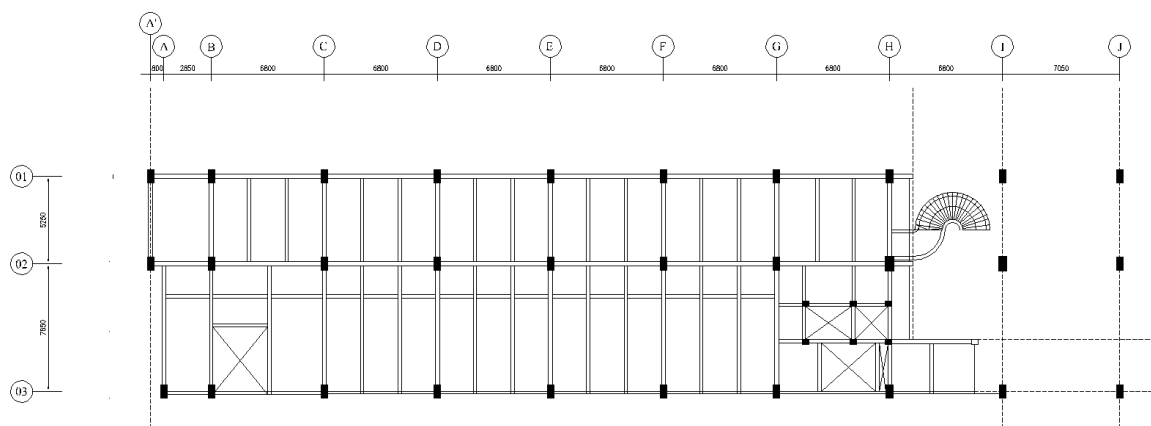
Detail penampang yang akan digunakan pada balok adalah berupa baja dengan profil WF yang dikompositkan dengan pelat beton. Sedangkan detail penampang yang akan digunakan pada kolom profil WF.

Setelah perencanaan awal dimensi, pada penampang balok harus dilakukan kontrol dalam kondisi, yaitu kondisi sebelum komposit dan kondisi setelah komposit. Pada kondisi sebelum komposit, pembebanan meliputi berat sendiri pelat, spesi, keramik, plafond, instalasi, dinding dan beban guna (hidup). Setelah perencanaan awal dimensi, pada penampang balok dan kolom harus dilakukan kontrol penampang.

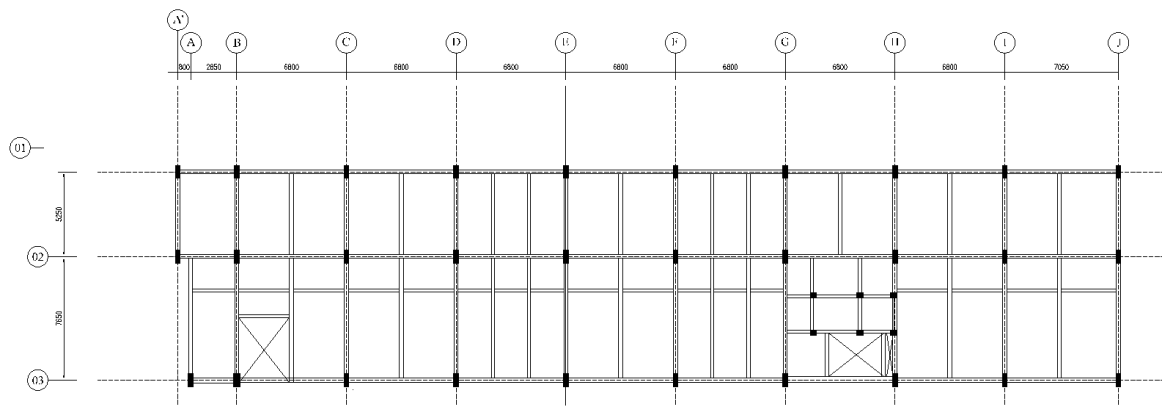
3.3.4 Gambar struktur

Penggambaran dalam perencanaan dan perhitungan dalam gambar teknik ini menggunakan program bantu AutoCAD 2017.

3.3.5 Gambar denah struktur gedung

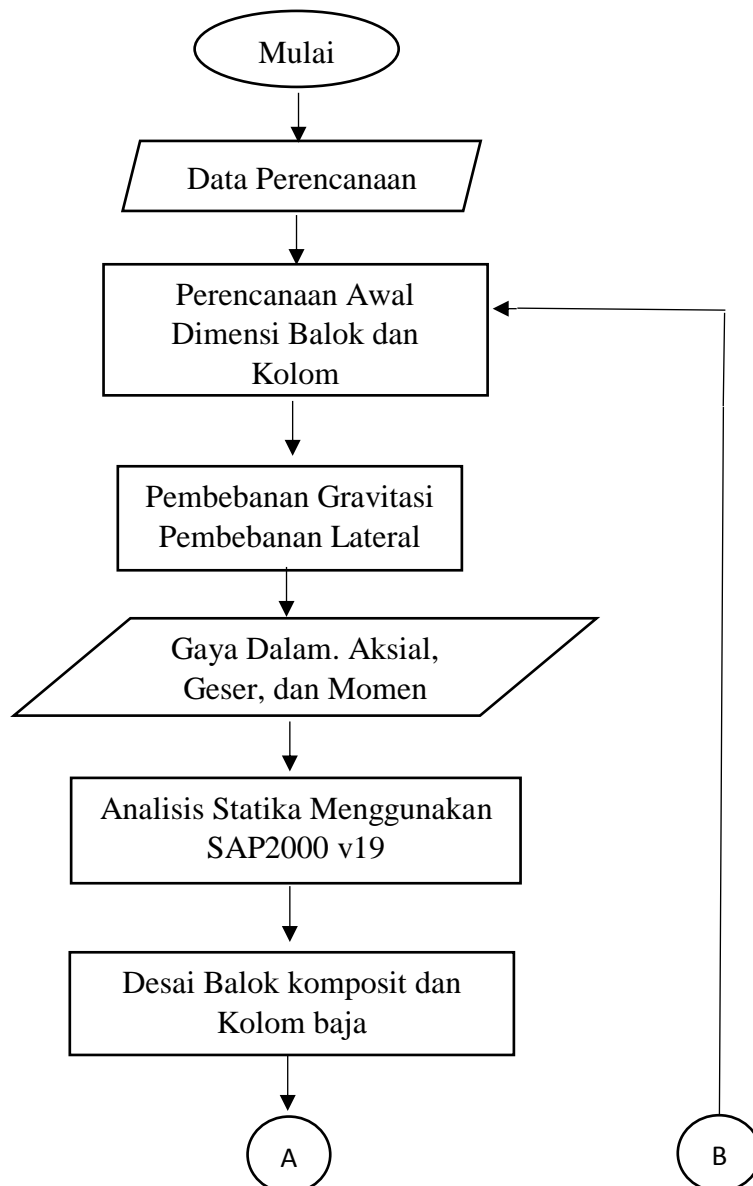


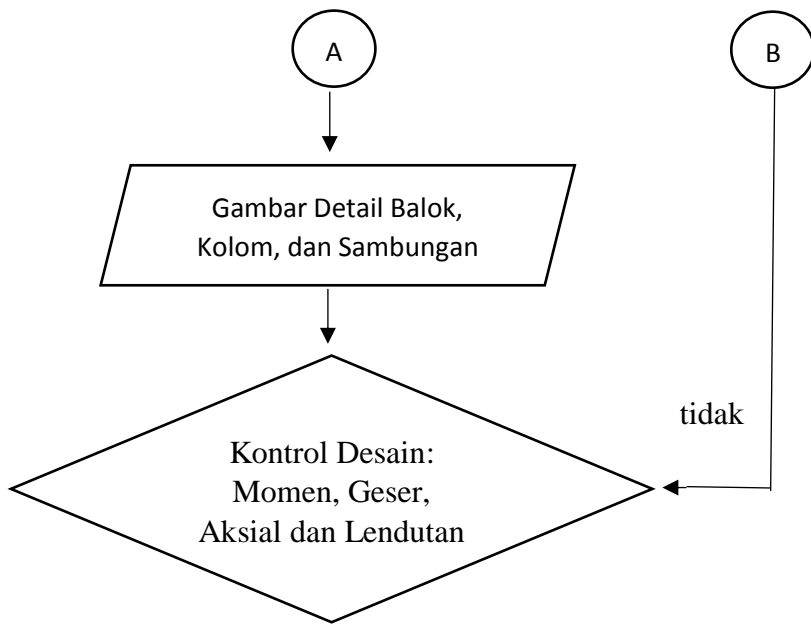
Gambar 3. 1 Denah lantai 1 – 2



Gambar 3. 2 Denah lantai 3 – 7

3.3.6 Diagram alur perencanaan





(Halaman dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

4.1.1 Penentuan Tebal Pelat

Data teknis

- f'_c = 25 MPa
- Mutu baja tulangan plat = 240 MPa
- Tebal plat lantai rencana = 12 cm
- Tebal adukan semen = 3 cm

D																
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
B	X	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B
D																

Gambar 4. 1 Denah Pelat

Pembebanan

Beban yang bekerja

- Beban mati : (*PPIUG tabel 2.1 hal. 11-12*)
 - Berat beton bertulang = 2400 kg/m³
 - Adukan per cm tebal dari semen = 21 kg/m²
 - Penutup lantai dari keramik = 24 kg/m²
- Beban hidup pada lantai sekolah (*PPIUG tabel 3.1 hal. 17*)
 - Untuk lantai ruang sekolah = 250 kg/m²

Beban mati :

$$\text{Berat beton bertulang} = 0,12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Adukan semen} = 3 \cdot 21 = 63 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pasir} = 0,03 \cdot 1600 = 48 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Penutup lantai dari keramik} = \underline{24 \text{ kg/m}^2}$$

$$423 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup :

$$\text{Beban guna bangunan} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Pembebanan

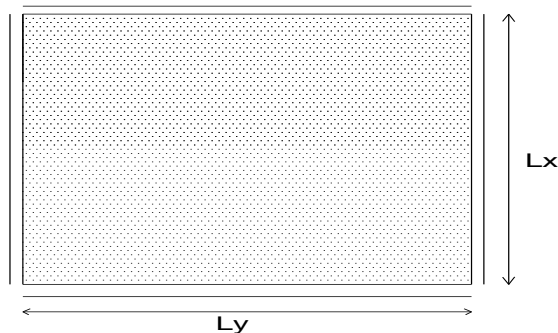
Kombinasi II :

$$1,2 D + 1,6 L = 1,2 \cdot 423 + 1,6 \cdot 250$$

$$= 907,6 \text{ kg/m}^2$$

Statika dan Penulangan Plat

- Plat A**



Gambar 4. 2 Plat A

$$L_x = 340 \text{ cm} = 3,4 \text{ m}$$

$$L_y = 525 \text{ cm} = 5,25 \text{ m}$$

$$L_y / L_x = 1,5$$

Statika plat dapat dihitung sebagai berikut $\rightarrow M_u = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot K$

Nilai K untuk $L_y/L_x = 1,5$ (*Grafik dan Tabel PBI 1971 hal. 202*).

$$M_{Lx} = 56$$

$$M_{Tx} = 56$$

$$M_{Ly} = 37$$

$$MT_y = 37$$

sehingga nilai $M_u =$

$$M_{Lx} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot K$$

$$= 0,001 \cdot 907,6 \cdot 3,4^2 \cdot 56 = 587,544 \text{ kgm}$$

$$M_{Ly} = 0,001 \cdot q \cdot L_y^2 \cdot K$$

$$= 0,001 \cdot 907,6 \cdot 5,25^2 \cdot 37 = 925,582 \text{ kgm}$$

$$MT_x = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot K$$

$$= -0,001 \cdot 907,6 \cdot 3,4^2 \cdot 56 = -587,544 \text{ kgm}$$

$$M_{Ty} = -0,001 \cdot q \cdot L_y^2 \cdot K$$

$$= -0,001 \cdot 907,6 \cdot 5,25^2 \cdot 37 = -925,582 \text{ kgm}$$

Penulangan

$$\text{Tebal selimut beton (d')} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat h} = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar satu satuan lajur pelat (b)} = 1000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,005833$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c}{240} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \text{ (untuk } 0 < f'_c \leq 30 \text{ MPa, } \beta_1 = 0,85)$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240}$$

$$= 0,04$$

- Lapangan X

$$M_u = 587,544 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{587,544 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 7,344 \text{ kg/cm}^2 = 0,7344 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,7344}{240}} \right) \\ &= 0,003115 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Tumpuan X**

$$M_u = -587,544 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{587,544 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 7,344 \text{ kg/cm}^2 = 0,7344 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,7344}{240}} \right) \\ &= 0,003115 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Lapangan Y**

$$M_u = 925,582 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{925,582 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 11,569 \text{ kg/cm}^2 = 1,1569 \text{ MPa}$$

$$M = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 1,1569}{240}} \right) \\ &= 0,00496 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- Tumpuan Y

$$Mu = -925,582 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{925,582 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 11,569 \text{ kg/cm}^2 = 1,1569 \text{ MPa}$$

$$M = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

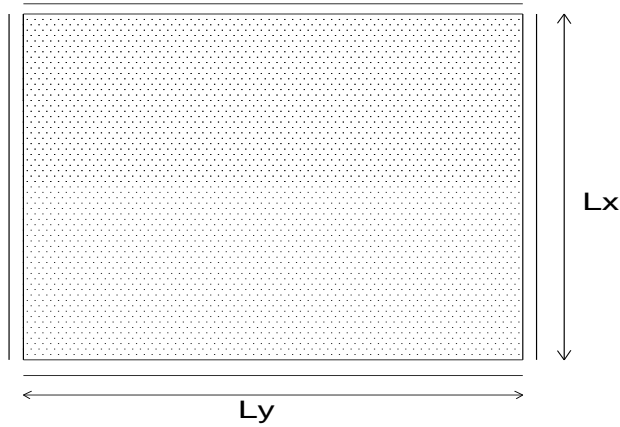
$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 1,1569}{240}} \right) \\ &= 0,00496 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Plat B**



Gambar 4. 3 Plat B

$$L_x = 340 \text{ cm} = 3,4 \text{ m}$$

$$L_y = 565 \text{ cm} = 5,65 \text{ m}$$

$$L_y / L_x = 1,7$$

Statika plat dapat dihitung sebagai berikut $\rightarrow M_u = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot K$

Nilai K untuk $L_y/L_x = 1,7$ (*Grafik dan Tabel PBI 1971 hal. 202*).

$$M_{Lx} = 59$$

$$M_{Tx} = 59$$

$$M_{Ly} = 36$$

$$M_{Ty} = 36$$

sehingga nilai $M_u =$

$$\begin{aligned} M_{Lx} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot K \\ &= 0,001 \cdot 907,6 \cdot 3,4^2 \cdot 59 \\ &= 619,019 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Ly} &= 0,001 \cdot q \cdot L_y^2 \cdot K \\ &= 0,001 \cdot 907,6 \cdot 5,65^2 \cdot 36 \end{aligned}$$

$$= 1043,023 \text{ kg m}$$

$$MT_x = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot K$$

$$= -0,001 \cdot 907,6 \cdot 3,4^2 \cdot 59$$

$$= -619,019 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot L_y^2 \cdot K$$

$$= -0,001 \cdot 907,6 \cdot 5,65^2 \cdot 36$$

$$= -1043,023 \text{ kg m}$$

Penulangan

$$\text{Tebal selimut beton (d')} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat h} = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar satu satuan lajur pelat (b)} = 1000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,005833$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c}{240} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \text{ (untuk } 0 < f'_c \leq 30 \text{ MPa, } \beta_1 = 0,85)$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240}$$

$$= 0,04$$

- Lapangan X

$$M_u = 619,019 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{619,019 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 7,737 \text{ kg/cm}^2 = 0,7737 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,7737}{240}} \right) \\ &= 0,003285\end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Tumpuan X**

$$M_u = -619,019 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{619,019 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 7,737 \text{ kg/cm}^2 = 0,7737 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,7737}{240}} \right) \\ &= 0,003285\end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 = 5,833 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Lapangan Y**

$$M_u = 1043,023 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1043,023 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 13,037 \text{ kg/cm}^2 = 1,3037 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 1,3037}{240}} \right) \\ &= 0,00561\end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

sehingga,

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Tumpuan Y**

$$M_u = -1043,023 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1043,023 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 13,037 \text{ kg/cm}^2 = 1,3037 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 1,3037}{240}} \right) \\ &= 0,00561 \end{aligned}$$

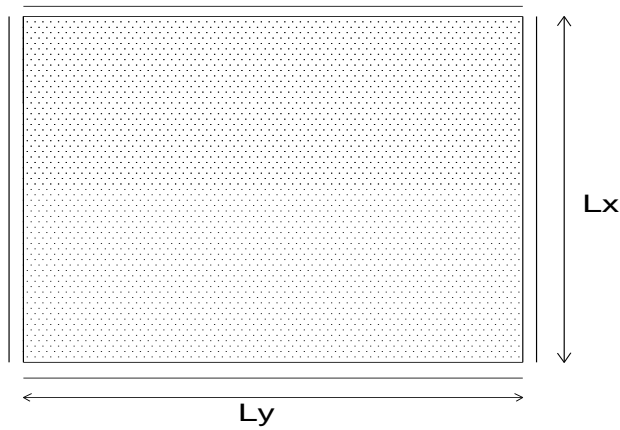
Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

sehingga,

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Plat C**



Gambar 4. 4 Plat C

$$L_x = 200 \text{ cm} = 2 \text{ m}$$

$$L_y = 340 \text{ cm} = 3,4 \text{ m}$$

$$L_y / L_x = 1,7$$

Statika plat dapat dihitung sebagai berikut $\rightarrow M_u = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot K$

Nilai K untuk $L_y/L_x = 1,7$ (*Grafik dan Tabel PBI 1971 hal. 202*).

$$M_{Lx} = 59$$

$$M_{Tx} = 59$$

$$M_{Ly} = 36$$

$$M_{Ty} = 36$$

sehingga nilai $M_u =$

$$M_{Lx} = 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot K$$

$$= 0,001 \cdot 907,6 \cdot 2^2 \cdot 59$$

$$= 214,194 \text{ kg m}$$

$$M_{Ly} = 0,001 \cdot q \cdot L_y^2 \cdot K$$

$$= 0,001 \cdot 907,6 \cdot 3,4^2 \cdot 36$$

$$= 377,707 \text{ kg m}$$

$$MT_x = -0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot K$$

$$= -0,001 \cdot 907,6 \cdot 2^2 \cdot 59$$

$$= -214,194 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot L_y^2 \cdot K$$

$$= -0,001 \cdot 907,6 \cdot 3,4^2 \cdot 36$$

$$= -377,194 \text{ kg m}$$

Penulangan

$$\text{Tebal selimut beton (d')} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat h} = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar satu satuan lajur pelat (b)} = 1000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,005833$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c}{240} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \text{ (untuk } 0 < f'_c \leq 30 \text{ MPa, } \beta_1 = 0,85)$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240}$$

$$= 0,04$$

- Lapangan X

$$M_u = 214,194 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{214,194 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 2,677 \text{ kg/cm}^2 = 0,2677 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,2677}{240}} \right) \\ &= 0,001123\end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Tumpuan X**

$$Mu = -214,194 \text{ kg m}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{214,194 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 2,677 \text{ kg/cm}^2 = 0,2677 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,2677}{240}} \right) \\ &= 0,001123\end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Lapangan Y**

$$Mu = 377,194 \text{ kg m}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1043,023 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 4,715 \text{ kg/cm}^2 = 0,4715 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,4715}{240}} \right) \\ &= 0,001987\end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

sehingga,

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

- **Tumpuan Y**

$$M_u = -377,194 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1043,023 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 4,715 \text{ kg/cm}^2 = 0,4715 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,4715}{240}} \right) \\ &= 0,001987 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :


$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10 \\ &= 5,833 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

sehingga,

Tulangan dipakai : $\varnothing 10 - 100 : 7,85 \text{ cm}^2$

Perencanaan Plat Kantilever D

Data teknis

- Mutu Beton (f'_c) = 25 MPa = 250 kg/cm²
- Mutu baja tulangan (f_y) = 240 MPa = 2400 kg/cm²
- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,005833$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times 0,85 \times \frac{0,85 f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = 0,75 \times 0,85 \times \frac{0,85 \times 250}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240}$
 $= 1,1289$
- Tebal Plat = 12 cm
-  Pembebanan

Beban yang bekerja

- Beban mati : (*PPIUG tabel 2.1 hal. 11-12*)

$$\text{Berat beton bertulang} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

- Beban Hujan

$$\text{Berat air hujan} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat beton bertulang} = 0,12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat air hujan} = 20 \text{ kg/m}^2$$

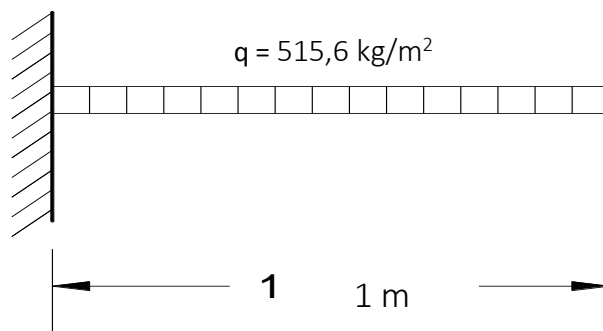
$$\text{Berat pekerja} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi III :

$$\begin{aligned} 1,2 D + 1,6 L + 0,5 H &= 1,2 \cdot 288 + 1,6 \cdot 100 + 0,5 \cdot 20 \\ &= 515,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Plat Leufel D



Gambar 4. 5 Plat kantilever D

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot 515,6 \cdot 1^2$$

$$= 257,8 \text{ kg m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{257,8 \cdot 10^2}{0,8 \cdot 100 \cdot 10^2} = 3,223 \text{ kg/cm}^2 = 0,3223 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,2941$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,2941 \cdot 0,3223}{240}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,000593$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$, maka :

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005833 \cdot 100 \cdot 10$$

$$= 5,833 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h$$

$$= 0,002 \cdot 100 \cdot 12$$

$$= 2,4 \text{ cm}^2$$

sehingga,

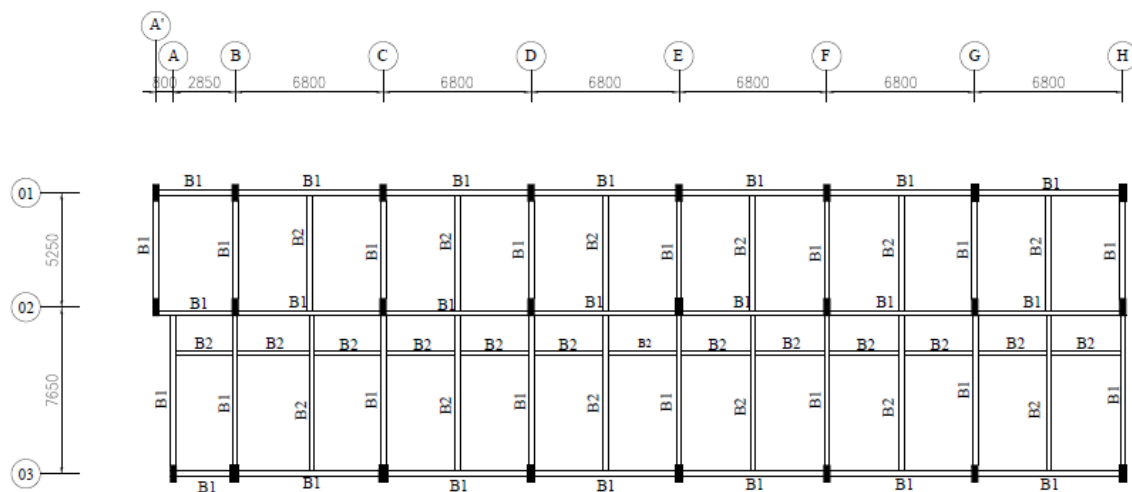
$$\text{Tulangan dipakai : } \varnothing 10 - 125 = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tulangan bagi : } \varnothing 10 - 275 = 2,6 \text{ cm}^2$$

4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok

Ada beberapa macam dimensi balok yang direncanakan, yang didasarkan pada arah bentang dan besar gaya dalam yang diterima pada balok tersebut. Mutu baja yang digunakan untuk balok adalah BJ 37. Berdasarkan Tabel Profil Konstruksi Baja Dimensi balok yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Profil WF 350x350 untuk balok 1 (B1)
2. Profil WF 250x250 untuk balok 2 (B2)

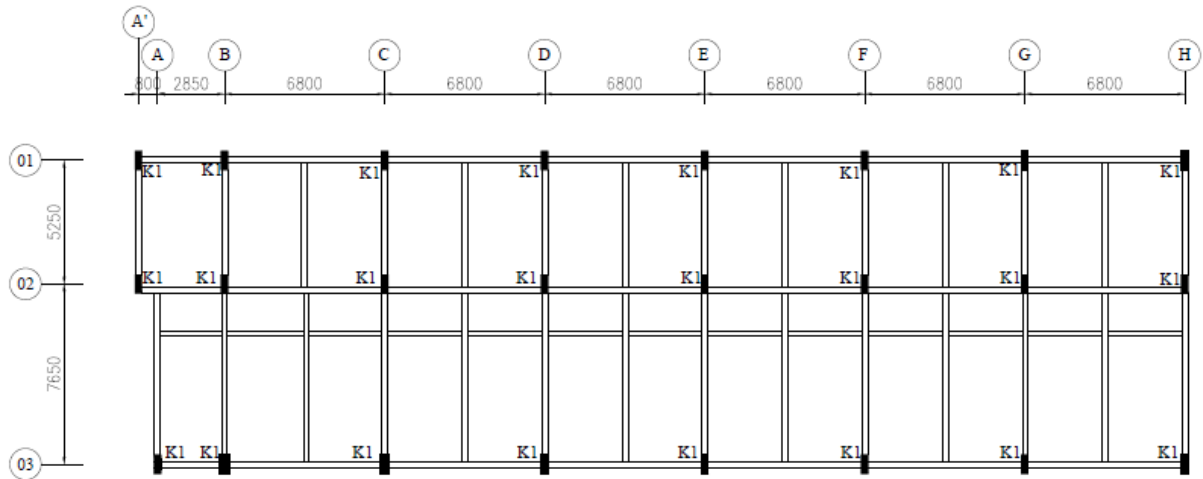


Gambar 4. 6 Denah Balok Hotel Neo Condotel Kota Batu.

4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Pada perencanaan ini dimensi kolom harus memiliki inersia yang lebih besar dari balok dan juga mutu baja yang digunakan untuk kolom adalah BJ 50. Dimensi kolom direncanakan sebagai berikut.

1. Untuk Kolom digunakan profil 24' WF 24x14 (K1)



Gambar 4. 7 Denah Kolom 1 Hotel Neo Condotel Kota Batu

4.2 Perencanaan Pembebanan

- Kombinasi Pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan pada Hotel Neo Condotel Kota Batu secara garis besar adalah sebagai berikut:

5. Beban Mati
6. Beban Hidup
7. Beban Gempa

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas, maka beton bertulang Hotel Neo Condotel Kota Batu harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan. Berikut ini kombinasi pembebanan menurut sni 03-1729-2002

8. $1,4 D$
9. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
10. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
11. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
12. $1,2 D + 1,0 E + L$
13. $0,9 D + 1,0 W$

$$14. 0,9 D + 1,0 E$$

Keterangan:

D : beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen

L : beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung

A : beban atap

R : beban hidup

W : beban angin

E : beban gempa

- **Beban Mati**

Sesuai dengan peraturan pembebanan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban mati diatur sebagai berikut:

Berat sendiri baja	= 7850 kg/m ³
Berat isi beton	= 2400 kg/m ³
Berat spesi per cm tebal	= 21 kg/m ³
Berat keramik	= 24 kg/m ³
Berat pasangan bata ringan	= 300 kg/m ³

- **Beban Hidup**

Sesuai dengan peraturan pembebanan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban mati diatur sebagai berikut:

Lantai hotel	= 250 kg/m ³
Ruang alat-alat mesin dan gedung	= 400 kg/m ³
Tangga dan bordes gang	= 300 kg/m ³

- **Perhitungan Pembebanan**

Direncanakan:

Tebal pelat lantai	= 12 cm
Tebal pelat atap	= 10 cm
Tebal spesi	= 3 cm
Tebal keramik	= 1 cm
Beban hidup pelat lantai (beban guna)	= 250 kg/m ²
Beban hidup pelat atap	= 100 kg/m ²

a. **Beban pelat sebelum komposit**

1. **Beban mati pelat lantai dan pelat atap**

$$\text{berat sendiri} = 1 \text{ selfweight pelat}$$

b. Beban pelat setelah komposit

1. Beban mati pelat lantai dan pelat atap

berat sendiri = 1 selfweight pelat

berat spesi = 3 . 21 = 63 kg/m²

berat keramik = 1 . 24 = 24 kg/m²

plafond = 11 = 11 kg/m²

berat instalasi = 25 kg/m²

total berat = 123 kg/m²

2. Beban hidup pelat lantai (beban guna)

Diambil beban hidup dari komponen beban hidup yang ada dalam gedung ini yaitu 250 kg/m²

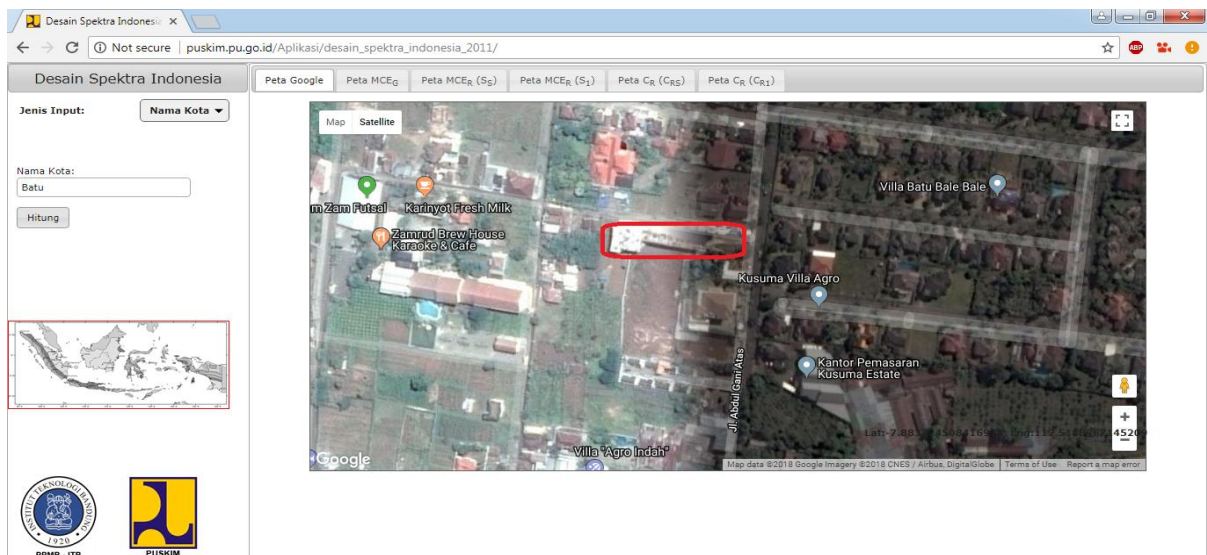
3. Beban hidup pelat atap

Diambil beban hidup dari komponen beban hidup yang ada dalam gedung ini yaitu 100 kg/m²

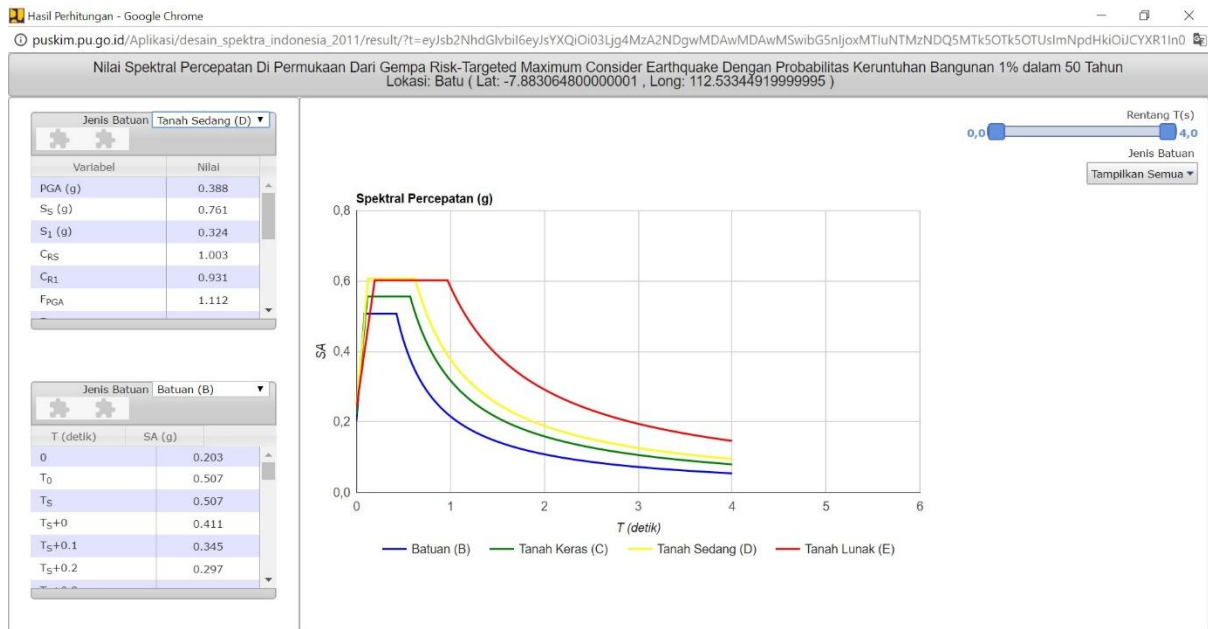
4.3 Analisis Beban Gempa

Pada perhitungan beban gempa pada Hotel Neo Condotel Kota Batu, perhitungan spektrum repons desain Menggunakan program yang telah disediakan PU:http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.

Untuk mendapatkan data respons spektrum memasukan data koordinat lokasi ataupun nama kota yang ditinjau, seperti berikut:



Gambar 4. 8 Peta lokasi Hotel Neo Condotel Kota Batu.



Gambar 4. 9 Respon spectral percepatan di permukaan

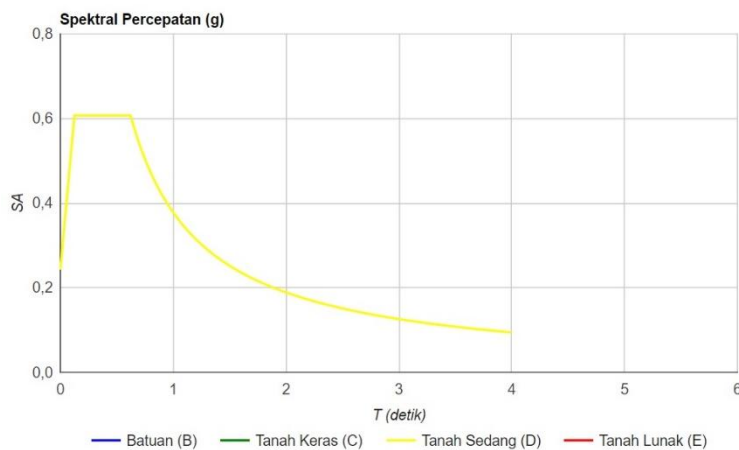
Data yang di peroleh berdasarkan program yang telah disediakan PU:

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,388
S _S (g)	0,761
S ₁	0,324
C _{RS}	1,003
C _{R1}	0,931
F _{PGA}	1,112
F _A	1,196
F _V	1,753
PSA (g)	0,431
S _{MS} (g)	0,910
S _{M1} (g)	0,567
S _{DS} (g)	0,607
S _{D1} (g)	0,378
T ₀ (detik)	0,125
T _s (detik)	0,623

Koordinat Spektrum respons desain:

Tanah	SA (g)
T0	0,243
TS	0,607
TS+0	0,607
TS+0.1	0,523
TS+0.2	0,459
TS+0.3	0,409
TS+0.4	0,369
TS+0.5	0,337
TS+0.6	0,309
TS+0.7	0,286
TS+0.8	0,266
TS+0.9	0,248
TS+1	0,233
TS+1.1	0,219
TS+1.2	0,207
TS+1.3	0,197
TS+1.4	0,187
TS+1.5	0,178
TS+1.6	0,17
TS+1.7	0,163
TS+1.8	0,156
TS+1.9	0,15
TS+2	0,144
TS+2.1	0,139
TS+2.2	0,134
Tanah	SA (g)
TS+2.3	0,129
TS+2.4	0,125
TS+2.5	0,121
TS+2.6	0,117

TS+2.7	0,114
TS+2.8	0,11
TS+2.9	0,107
TS+3	0,104
TS+3.1	0,102
TS+3.2	0,099
TS+3.3	0,096
4	0,095



Gambar 4. 10 Respons spektrum desain

4.4 Pemodelan pada SAP2000 v19

Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk membuat pemodelan struktur pada aplikasi SAP2000 v19. Berikut adalah beberapa tahapan dan input yang dimasukkan pada aplikasi SAP2000 v19:

a. *Grid System*

Grid system adalah untuk memuat informasi tentang letak koordinat titik-titik pada struktur dalam sumbu x, y dan z.

b. *Define → Materials*

Memuat informasi tentang data material atau mutu bahan yang akan digunakan dalam pemodelan struktur.

c. *Define → Section Properties*

Memuat informasi tentang data dimensi balok, kolom dan pelat. Juga data-data dari elemen struktur batang tiga dimensi pada struktur yang dianalisis melalui *property*, dan momen inersia dari setiap elemen.

d. *Function → Respons Spektrum*

Memuat tentang data respons spektrum yang akan bekerja sebagai beban gempa pada pemodelan struktur.

e. *Define → Load Patterns*

Memuat informasi tentang data-data dari elemen batang tida dimensi pada struktur yang dianalisis meliputi beban yang bekerja pada elemen. Beban yang bekerja dari analisis struktur yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

- Dead load
- Live load
- Quake
- Other

f. *Define → Load Combination*

Memuat informasi mengenai kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisis struktur utama.

g. *Analyze → Run Analyze*

Memuat informasi untuk mendapatkan hasil dari data input yang telah dimasukkan.

4.5 Perencanaan Balok

Data-data profil WF 350x350:

b_f	=	350 mm	f_y	=	240 Mpa
d	=	350 mm	f_u	=	370 Mpa
h	=	2972 mm	E_s	=	200000 Mpa
t_f	=	19 mm	f'_c	=	25 Mpa
t_w	=	12 mm	A_s	=	17390 mm ²
r_x	=	152 mm	Z_x	=	2493200 mm ³
I_x	=	403000000 mm ⁴			
I_y	=	136000000 mm ⁴			

Cek kelangsingan penampang profil WF 350x350

Tekuk lokal sayap:

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{350}{2.19} = 9,21$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Maka sayap kompak})$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{12} = 22,67$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Maka badan kompak})$$

Data-data profil WF 250x250:

b_f	=	250 mm	f_y	=	240 Mpa
d	=	250 mm	f_u	=	370 Mpa
h	=	190 mm	E_s	=	200000 Mpa
t_f	=	14 mm	f'_c	=	25 Mpa
t_w	=	9 mm	A_s	=	9218 mm ²
r_x	=	108 mm	Z_x	=	936900 mm ³
I_x	=	108000000 mm ⁴			
I_y	=	36500000 mm ⁴			

Cek kelangsingan penampang profil WF 250x250

Tekuk lokal sayap

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2.14} = 8,93$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Maka sayap kompak})$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{190}{9} = 21,11$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Maka badan kompak})$$

Tabel 4. 1 Rekapitulasi kelangsingan profil balok.

Balok	Profil	Penampang
B1	WF 350x350	Kompak
B2	WF 250x250	Kompak

4.5.1 Perencanaan Balok Sebelum Komposit

a. Kuat lentur

Balok WF 350x350

$$M_{u \max} = 34076,89 \text{ kgm}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2493200.240$$

$$= 598368000 \text{ Nmm}$$

$$M_u \leq \Phi_b \cdot M_n$$

$$34076,89 \leq 0,85 \cdot 598368000$$

$$34076,89 \text{ kgm} \leq 50861,28 \text{ kgm}$$

OK

Balok WF 250x250

$$M_{u \max} = 5354,74 \text{ kgm}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 936900 \cdot 240$$

$$= 224856000 \text{ Nmm}$$

$$M_u \leq \Phi_b \cdot M_n$$

$$5354,74 \leq 0,85 \cdot 224856000$$

$$5354,74 \text{ kgm} \leq 19112,76 \text{ kgm}$$

OK

Tabel 4. 2 Rekapitulasi kuat lentur balok sebelum komposit.

Balok	Profil	M_u (kgm)	$\Phi_b M_n$ (kgm)	Kontrol
B1	WF 350x350	34076,89	50861,28	Ok
B2	WF 250x250	5354,74	19112,76	Ok

b. Kuat geser

Balok WF 350x350

$$V_{u \text{ maks}} = 36370,14 \text{ kg}$$

$$a = \frac{b_f - t_w}{2} + t_w$$

$$= \frac{30 - 12}{2} + 12$$

$$= 181 \text{ mm}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{181}{272}\right)^2}$$

$$= 16,291$$

Asumsi:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E_s}{f_y}}$$

Maka:

$$\frac{272}{12} \leq 1,10 \sqrt{\frac{16,291 \cdot 200000}{240}}$$

$$22,667 \leq 128,169$$

Jadi asumsi benar, sehingga:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w)$$

$$= 0,6 \cdot 240 \cdot ((350 - 38) \cdot 12)$$

$$= 539136 \text{ N}$$

$$= 53913,6 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \Phi_b \cdot V_n$$

$$36370,14 \leq 0,9 \cdot 53913,6$$

$$36370,14 \text{ kg} \leq 48522,24 \text{ kg}$$

OK

Balok WF 250x250

$$V_{u \text{ maks}} = 3284,21 \text{ kg}$$

$$a = \frac{b_f - t_w}{2} + t_w$$

$$= \frac{250 - 9}{2} + 9$$

$$= 129,5 \text{ mm}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{129,5}{190}\right)^2}$$

$$= 15,763$$

Asumsikan:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E_s}{f_y}}$$

Maka:

$$\frac{190}{9} \leq 1,10 \sqrt{\frac{15,763 \cdot 200000}{240}}$$

$$21,11 \leq 126,07$$

Jadi asumsi benar, sehingga:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w)$$

$$= 0,6 \cdot 240 \cdot ((250 - 2 \cdot 14) \cdot 9)$$

$$= 287712 \text{ N}$$

$$= 2877,12 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \Phi_b \cdot V_n$$

$$3284,21 \leq 0,9 \cdot 2877,12$$

$$3284,21 \text{ kg} \leq 25894,08 \text{ kg} \quad \textbf{OK}$$

Tabel 4. 3 Rekapitulasi kuat geser balok sebelum komposit

Balok	Profil	V_u (kg)	$\Phi_b V_n$ (kg)	Kontrol
B1	WF 350x350	36370,14	48522,24	Ok
B2	WF 250x250	3284,21	25894,08	Ok

c. Lendutan

Menurut Tabel 6.4-1 SNI 03-1729-2002, batas lendutan untuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas adalah $L/360$, dengan L adalah bentang balok.

$$\begin{aligned}\text{Panjang bentang (L)} &= 7,65 \text{ m} \\ &= 7650 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Lendutan maksimum } (\Delta_{\text{maks}}) = 17,506 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Lendutan ijin } (\Delta_{\text{ijin}}) &= \frac{L}{360} \\ &= \frac{7650}{360} \\ &= 21,25 \text{ mm}\end{aligned}$$

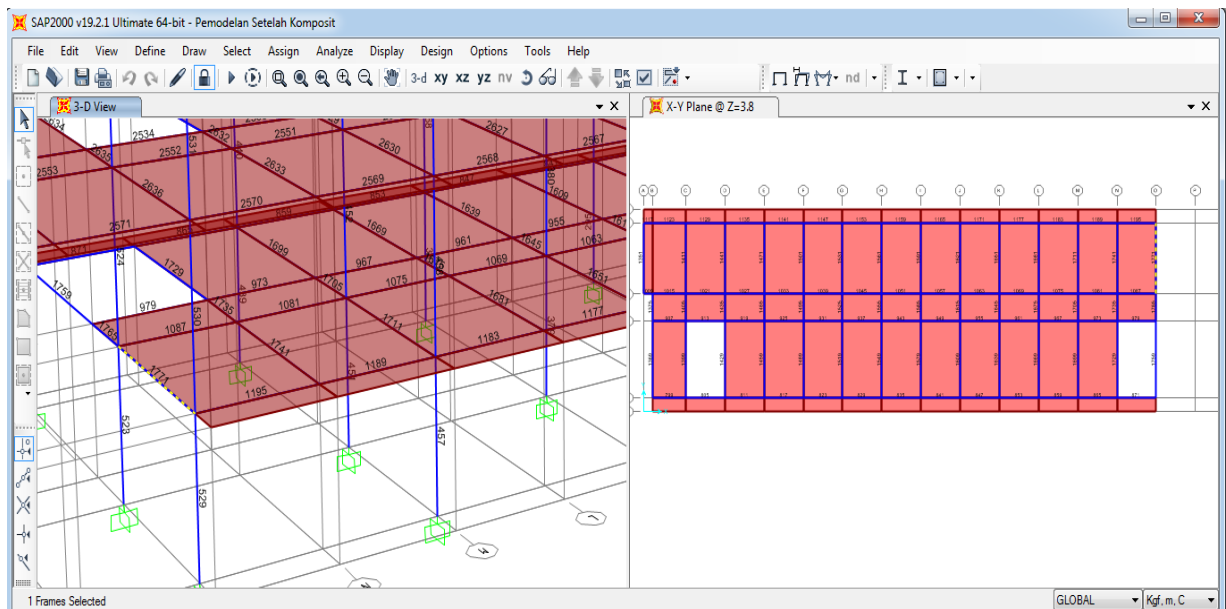
$$\begin{aligned}\Delta_{\text{maks}} &\leq \Delta_{\text{ijin}} \\ 17,506 \text{ mm} &\leq 21,25 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.5.2 Perencanaan Balok Setelah Komposit

a. kuat lentur

- Kuat lentur positif pada profil WF 350x350

$$M_{u \text{ maks}} = 32528,28 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 11 Letak terjadinya momen ultimate maksimum positif pada profil WF 350x350.

Menentukan lebar efektif

$$b_e = L/4 = 5250/4 = 1312,5 \text{ mm}$$

$$b_e = b_o = L = 3400 \text{ mm}$$

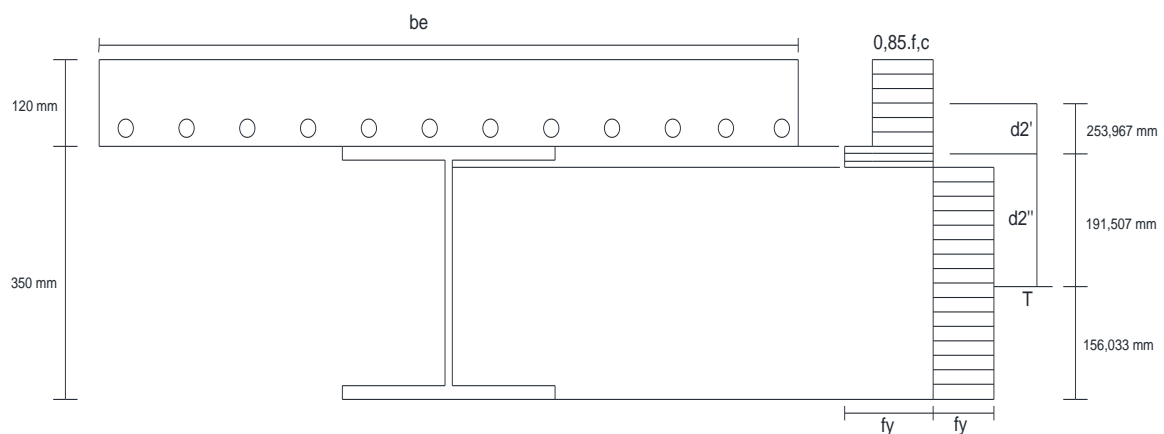
Jadi lebar efektifnya = 1312,5 mm (diambil yang terkecil)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e}$$

$$a = \frac{17390 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1312,5}$$

$$a = 149,642 \text{ mm} > 120 \text{ mm}$$

Sumbu netral plastis (PNA) jatuh pada profil baja, sehingga:



Gambar 4. 12 Distribusi tegangan plastis lentur positif

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot t_s \cdot b_E$$

$$C_c = 0.85 \cdot 25 \cdot 120 \cdot 1312,5$$

$$C_c = 3346875 \text{ N}$$

$$T' = C_c + C_s$$

Besarnya T' sekarang lebih kecil daripada $A_s \cdot f_y$ yaitu

$$T' = A_s \cdot f_y - C_s$$

Sehingga

$$C_c + C_s = A_s \cdot f_y - C_s$$

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2}$$

$$C_s = \frac{17390 \cdot 240 - 3346875}{2}$$

$$C_s = 413362,5 \text{ N}$$

tinggi blok tekan pada sayap baja dihitung sebagai berikut

$$df = \frac{C_s}{bf \cdot f_y}$$

$$df = \frac{413362,5}{350 \cdot 240}$$

$$df = 4,92 \text{ mm} < t_f = 19 \text{ mm}$$

Letak titik berat dari profil baja diukur dari serat bawah profil

$$\bar{Y} = \frac{A_s \cdot (0,5 \cdot d) - df \cdot bf \cdot (d - 0,5 \cdot df)}{A_s - df \cdot bf}$$

$$\bar{Y} = \frac{17390 \cdot 0,5 \cdot 350 - 4,92 \cdot 350 \cdot (350 - 0,5 \cdot 4,92)}{17390 - 4,92 \cdot 350}$$

$$\bar{Y} = 156,033 \text{ mm}$$

Momen nominal

$$M_n = C_c \cdot d2' + C_s \cdot d2''$$

$$d2' = (d - \bar{Y}) + \frac{ts}{2}$$

$$d2' = (350 - 156,033) + \frac{120}{2}$$

$$d2' = 253,967 \text{ mm}$$

$$d2'' = (d - \bar{Y}) - \frac{df}{2}$$

$$d2'' = (350 - 156,033) - \frac{4,92}{2}$$

$$d2'' = 191,507 \text{ mm}$$

$$M_n = 3346875 \cdot 253,967 + 413362,5 \cdot 191,507$$

$$M_n = 850410192,104 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 85041,019 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \Phi_b \cdot M_n$$

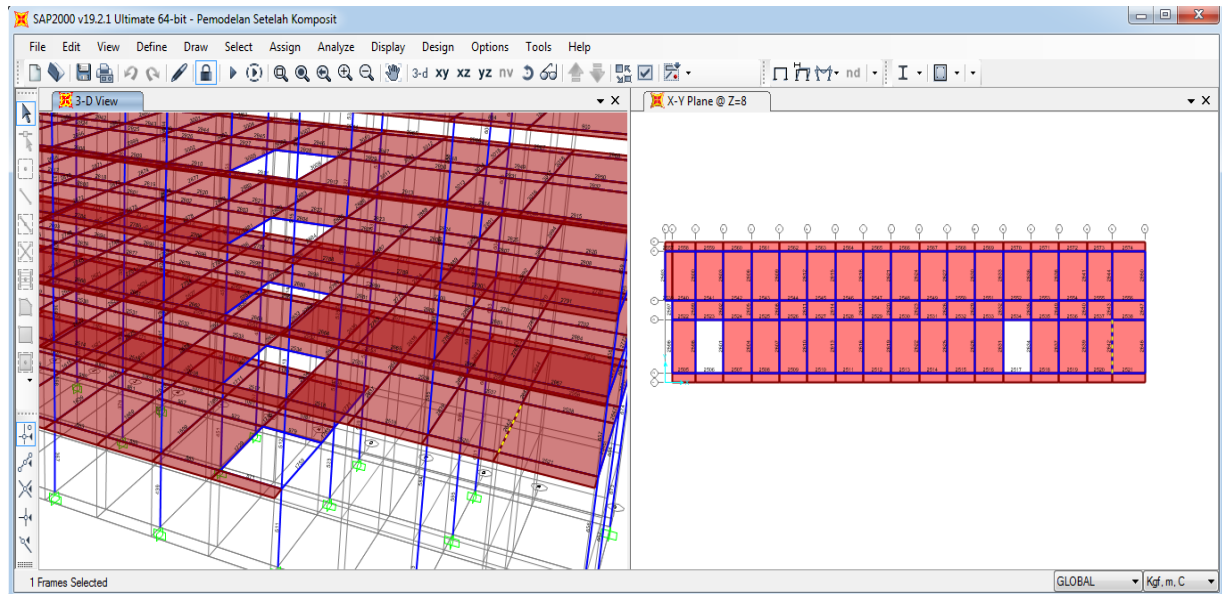
$$32528,28 \leq 0,85 \cdot 85041,019$$

$$32528,28 \text{ kgm} \leq 72284,87 \text{ kgm}$$

OK

- Kuat lentur positif pada profil WF 250x250

$$M_{u \text{ maks}} = 10079,21 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 13 Letak terjadinya momen ultimate maximum positif pada profil WF 250x250

Menentukan lebar efektif

$$b_e = L/4 = 5650/4 = 1412,5 \text{ mm}$$

$$b_e = b_o = L = 3050 \text{ mm}$$

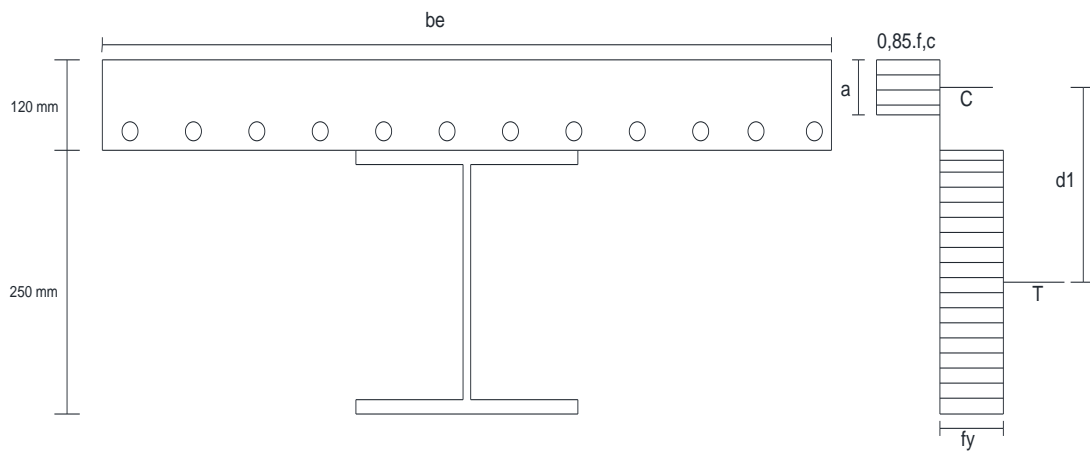
Jadi lebar efektifnya = 1412,5 mm (diambil yang terkecil)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e}$$

$$a = \frac{9218 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1412,5}$$

$$a = 73,706 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$$

Sumbu netral plastis (PNA) jatuh pada plat beton, sehingga:



Gambar 4. 14 Distribusi tegangan plastis lentur positif

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 73,706 \cdot 1412,5$$

$$= 2212320 \text{ Nmm}$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 9218 \cdot 240$$

$$= 2212320 \text{ Nmm}$$

$$C = T$$

$$M_n = C \cdot d_1$$

$$= C \cdot (d/2 + t_s - a/2)$$

$$= 2212320 \cdot (278 + 120 - 73,706/2)$$

$$= 491460680,6061 \text{ Nmm}$$

$$= 49146,068 \text{ Kgm}$$

$$M_u \leq \Phi_b \cdot M_n$$

$$10079,21 \leq 0,85 \cdot 49146,068$$

$$10079,21 \text{ kgm} \leq 41774,158 \text{ kgm}$$

OK

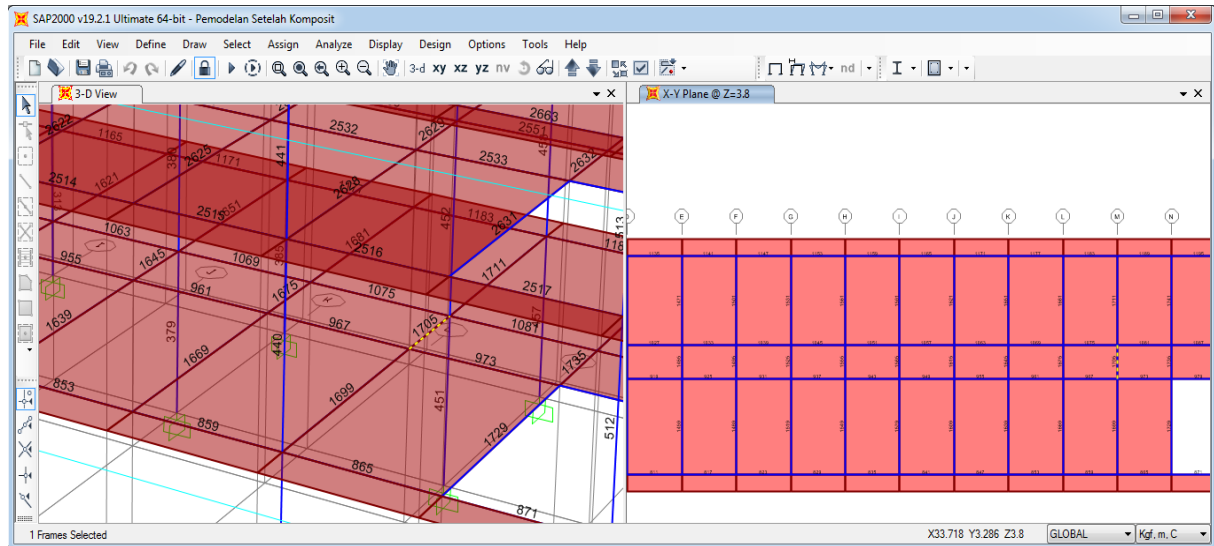
Tabel 4. 4 Rekapitulasi kuat lentur positif

Balok	Profil	Mu (+) kgm	Mn(+) kgm	Kontrol
B1	WF 350x350	32528,28	72284,87	Ok

B2	WF 250x250	10079,21	41774,158	Ok
----	------------	----------	-----------	----

- Kuat lentur negatif pada profil WF 350x350

$$M_u \text{ maks} = 48891,99 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 15 Letak terjadinya momen ultimate maximum positif pada profil WF 350x350

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{240}$$

$$\rho_{\min} = 0,006$$

$$A_{c \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$A_{c \min} = \rho_{\min} \cdot 1000 \cdot 100$$

$$A_{c \min} = 583,33 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Ø 10-100

Menentukan gaya Tarik tulangan

$$T_{sr} = n \cdot A_{sr} \cdot f_{yr}$$

$$T_{sr} = 12 \cdot 785 \cdot 240$$

$$T_{sr} = 2260800 \text{ N}$$

$$C_{maks} = A_s \cdot f_y$$

$$C_{maks} = 17390 \cdot 240$$

$$C_{maks} = 4173600 \text{ N}$$

Karena $C_{maks} > T_{sr}$ maka sumbu netral plastis jatuh pada profil baja

$$T_s = \frac{C_{maks} - T_{sr}}{2}$$

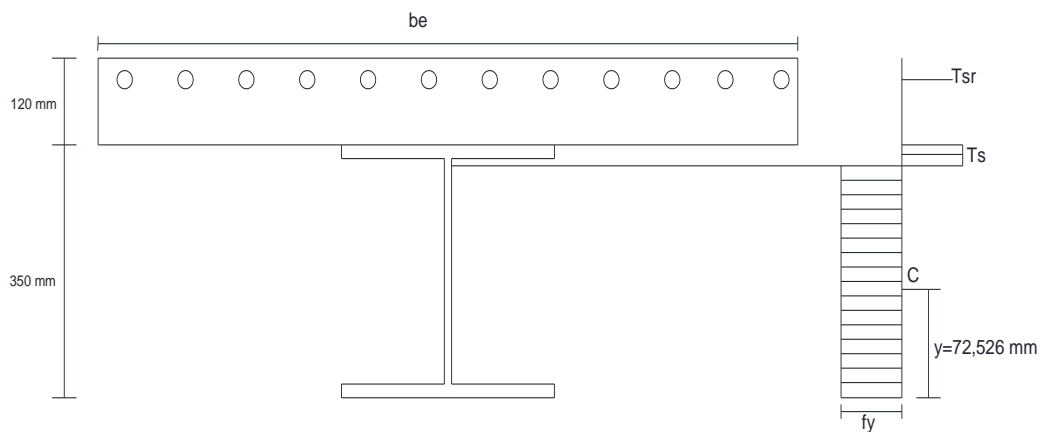
$$T_s = \frac{4173600 - 2260800}{2}$$

$$T_s = 956400 \text{ N}$$

Jarak sumbu netral plastis dari tepi atas flens

$$\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} = \frac{956400}{240 \cdot 350}$$

$$\bar{Y} = 11,386 \text{ mm}$$



Gambar 4. 16 Distribusi tegangan plastis lentur negatif

Menentukan letak garis kerja T_s diukur dari bagian bawah profil

	Luas mm ² (mm)	lengan y (mm)	Momen (A.y)
profil Wf	17390	175	3043250
flens daerah \bar{Y}	6650	340,5	2264325
	10740		778925

$$y = \frac{778925}{10740}$$

$$y = 72,526 \text{ mm}$$

Momen nominal

$$M_{n1} = T_{sr} (d - y \cdot t_s - 20)$$

$$M_{n1} = 2260800 (350 - 72,526 \cdot 120 - 20)$$

$$M_{n1} = 853394111,732 \text{ Nmm}$$

$$M_{n1} = 85339,411 \text{ kgm}$$

$$M_{n2} = T_s (d - y - (x/2))$$

$$M_{n2} = 2260800 (350 - 72,526 \cdot (11,386/2))$$

$$M_{n2} = 259931862,602 \text{ Nmm}$$

$$M_{n2} = 25993,186 \text{ kgm}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_n = 85339,411 + 25993,186$$

$$M_n = 111332,597 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b \cdot M_n$$

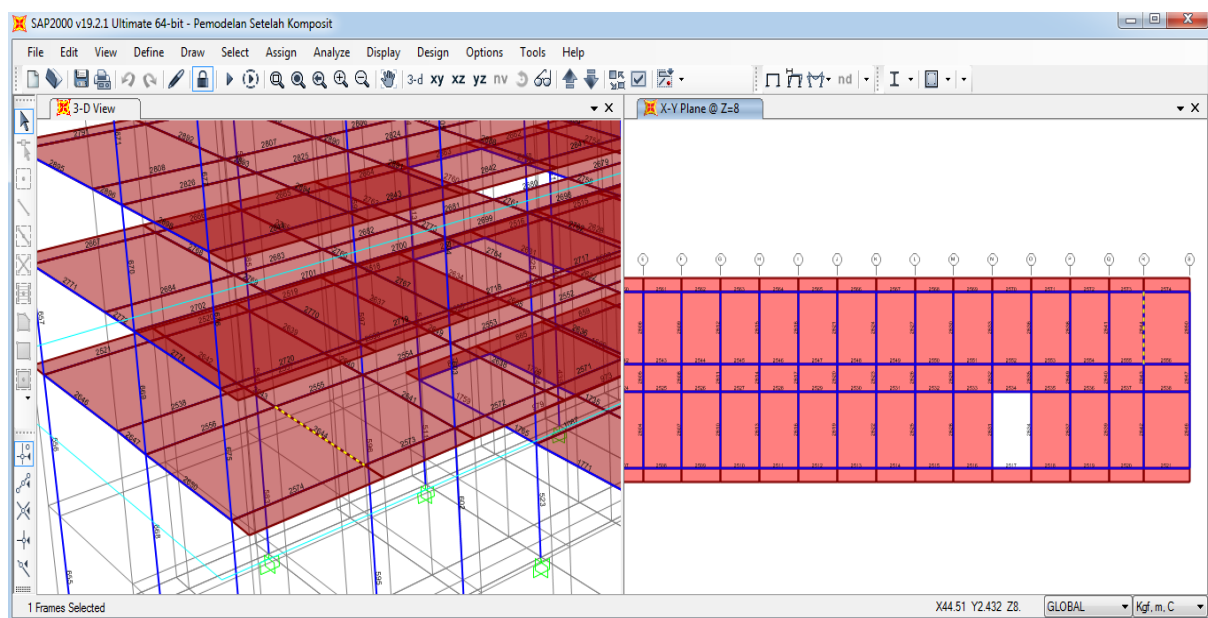
$$48891,99 \leq 0,85 \cdot 111332,597$$

$$48891,99 \text{ kgm} \leq 94632,708 \text{ kgm}$$

OK

- Kuat lentur negatif pada profil WF 250x250

$$M_u \text{ maks} = 11588,16 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 17 Letak terjadinya momen ultimate maximum negatif pada profil WF 250x250

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{240}$$

$$\rho_{\min} = 0,006$$

$$A_{c \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$A_{c \min} = \rho_{\min} \cdot 1000 \cdot 100$$

$$A_{c \min} = 583,333 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Ø 10-100

Menentukan gaya Tarik tulangan

$$T_{sr} = n \cdot A_{sr} \cdot f_{yr}$$

$$T_{sr} = 10 \cdot 785 \cdot 240$$

$$T_{sr} = 1884000 \text{ N}$$

$$C_{maks} = A_s \cdot f_y$$

$$C_{maks} = 9218 \cdot 240$$

$$C_{maks} = 2212320 \text{ N}$$

$$C_{\max} > T_{sr}$$

$$T_s = \frac{C_{maks} - T_{sr}}{2}$$

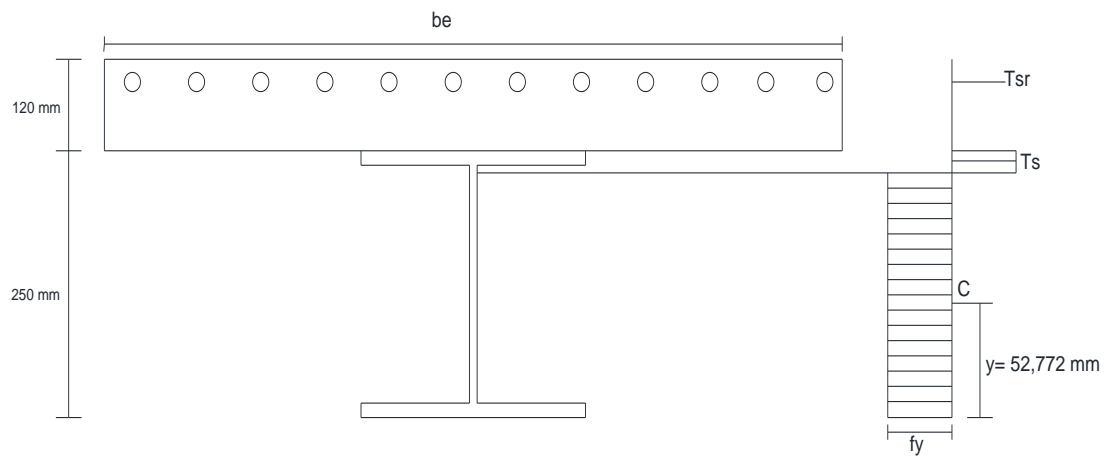
$$T_s = \frac{2212320 - 1884000}{2}$$

$$T_s = 164160 \text{ N}$$

Jarak sumbu netral plastis dari tepi atas flens

$$\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} = \frac{164160}{250 \cdot 240}$$

$$\bar{Y} = 2,736 \text{ mm}$$



Gambar 4. 18 Distribusi tegangan plastis lentur negatif

Menentukan letak garis kerja T_s diukur dari bagian bawah profil

	Luas mm ² (mm)	lengan y (mm)	Momen (A.y)
profil Wf	9218	125	1152250
flens daerah \bar{Y}	3500	243	850500
	5718		301750

$$y = \frac{301750}{5718}$$

$$y = 52,772 \text{ mm}$$

Momen nominal

$$M_{n1} = T_{sr} (d - y \cdot t_s - 20)$$

$$M_{n1} = 1884000 (250 - 52,772 \cdot 120 - 20)$$

$$M_{n1} = 559977649,528 \text{ Nmm}$$

$$M_{n1} = 55997,765 \text{ kgm}$$

$$M_{n2} = T_s (d - y - (x/2))$$

$$M_{n2} = 164160 (250 - 52,772 \cdot (2,736/2))$$

$$M_{n2} = 32152386,098 \text{ Nmm}$$

$$M_{n2} = 3215,239 \text{ kgm}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_n = 55997,765 + 3215,239$$

$$M_n = 59213,004 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b \cdot M_n$$

$$11588,16 \leq 0,85 \cdot 59213,004$$

$$11588,16 \text{ kgm} \leq 50331,053 \text{ kgm}$$

OK

Tabel 4. 5 Rekapitulasi kuat lentur negatif

Balok	Profil	Mu (-) kgm	Mn(-) kgm	Kontrol
B1	WF 350x350	48891,99	94632,708	Ok
B2	WF 250x250	11588,16	50331,053	Ok

b. Kuat Geser

Balok WF 350x350

$$V_{u \text{ maks}} = 37568,23 \text{ kg}$$

$$a = \frac{b_f - t_w}{2} + t_w$$

$$= \frac{30 - 12}{2} + 12$$

$$= 181 \text{ mm}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{181}{272}\right)^2}$$

$$= 16,29$$

Asumsikan:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E_s}{f_y}}$$

Maka:

$$\frac{272}{12} \leq 1,10 \sqrt{\frac{16,291 \cdot 200000}{240}}$$

$$22,667 \leq 128,169$$

Jadi asumsi benar, sehingga:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w)$$

$$= 0,6 \cdot 240 \cdot ((350 - 38) \cdot 12)$$

$$= 539136 \text{ N}$$

$$= 53913,6 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \Phi_b \cdot V_n$$

$$37568,23 \leq 0,9 \cdot 53913,6$$

$$37568,23 \text{ kg} \leq 48522,24 \text{ kg}$$

OK

Balok WF 250x250

$$V_{u \text{ maks}} = 9503,4 \text{ kg}$$

$$a = \frac{b_f - t_w}{2} + t_w$$

$$= \frac{250 - 9}{2} + 9$$

$$= 129,5 \text{ mm}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{129,5}{190}\right)^2}$$

$$= 15,763$$

Asumsikan:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E_s}{f_y}}$$

Maka:

$$\frac{190}{9} \leq 1,10 \sqrt{\frac{15,763 \cdot 200000}{240}}$$

$$21,11 \leq 126,07$$

Jadi asumsi benar, sehingga:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w)$$

$$= 0,6 \cdot 240 \cdot ((250 - 2 \cdot 14) \cdot 9)$$

$$= 287712 \text{ N}$$

$$= 2877,12 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \Phi_b \cdot V_n$$

$$9503,4 \leq 0,9 \cdot 2877,12$$

$$9503,4 \text{ kg} \leq 25894,08 \text{ kg} \quad \textbf{OK}$$

Tabel 4. 6 Rekapitulasi kuat geser balok setelah komposit

Balok	Profil	V_u (kg)	$\Phi_b V_n$ (kg)	Kontrol
B1	WF 350x350	37568,23	48522,24	Ok
B2	WF 250x250	9503,4	25894,08	Ok

b. Lendutan

Menurut Tabel 6.4-1 SNI 03-1729-2002, batas lendutan untuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas adalah $L/360$, dengan L adalah bentang balok.

$$\begin{aligned}\text{Panjang bentang (L)} &= 7,625 \text{ m} \\ &= 7625 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Lendutan maksimum } (\Delta_{\text{maks}}) = 20,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Lendutan ijin } (\Delta_{\text{ijin}}) &= \frac{L}{360} \\ &= \frac{7625}{360} \\ &= 21,181 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{maks}} &\leq \Delta_{\text{ijin}} \\ 20,6 \text{ mm} &\leq 21,181 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.6 Perencanaan Kolom

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi analisis struktur, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan kolom ini, digunakan momen dan gaya normal (aksial). Selanjutnya dilakukan analisis pada kolom berdasarkan SNI 03-1729-2002.

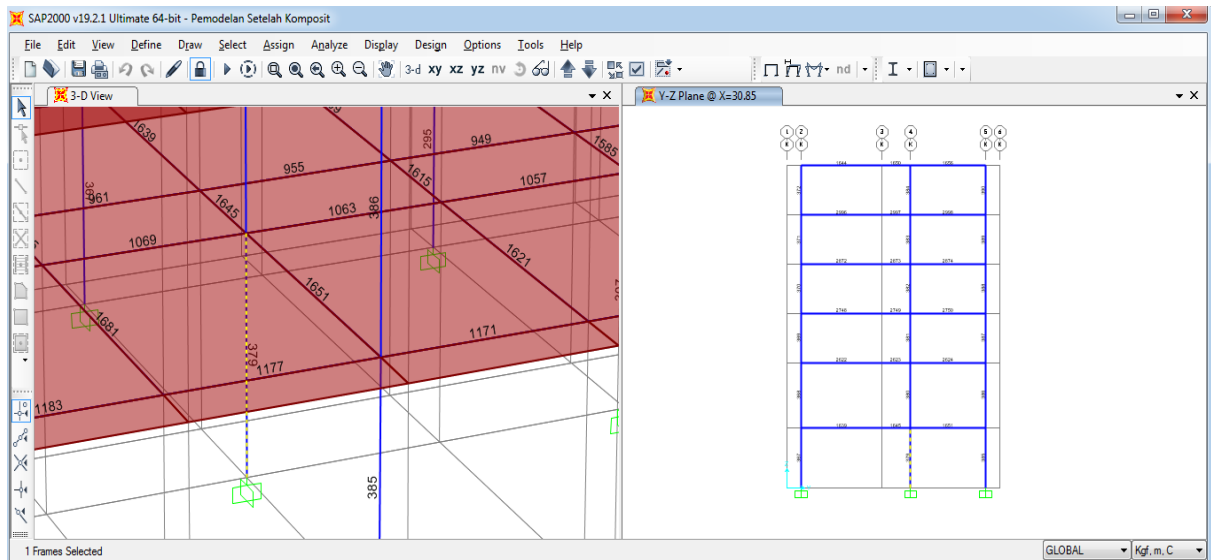
Data-data profil 24' WF 24x14:

$b_f =$	357 mm	$f_y =$	290 Mpa
$d =$	622 mm	$f_u =$	500 Mpa
$h =$	526,18 mm	$E_s =$	200000 Mpa
$t_f =$	25,91 mm	$f_c =$	30 Mpa
$t_w =$	15,44 mm	$A_s =$	27500 mm ²
$r_x =$	262,78 mm	$S_x =$	6105300
$r_y =$	81,08	$Z_x =$	5359136,77 mm ³
$I_x =$	1899000000 mm ⁴	$I_y =$	180800000 mm ⁴
$C_w =$	16060612622120 mm ⁶	$J =$	4839370,75 mm ⁴

4.6.1 Kontrol Penampang

Kuat rencana pada profil 24' WF 24x14

$$N_{u \max} = 528335,81 \text{ kg}$$



Gambar 4. 19 Letak terjadinya N_u maximum pada profil 24' WF 24x14

Periksa kelangsingan penampang

- Flens

$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{357/2}{25,91} = 6,89$$

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14,68$$

$$\frac{b/2}{t_f} < \lambda_r$$

Maka sayap kompak

- Web

$$\frac{h}{t_w} = \frac{526,18}{15,44} = 34,08$$

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39,05$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_r$$

Maka badan kompak

Faktor panjang efektif

$$G_A = 1 \text{ (jepit)}$$

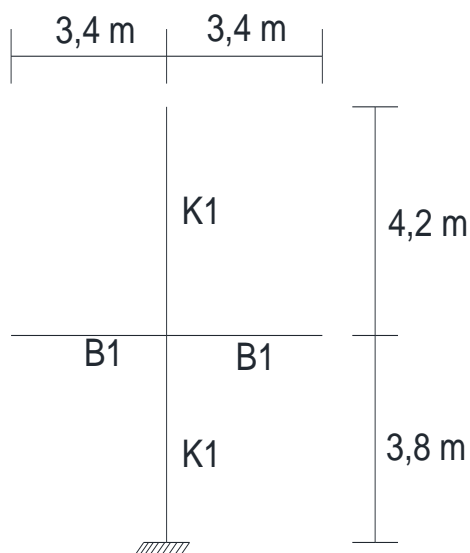
Momen inersia kolom 24' WF 24x14 (K1)

$$I_x = 1899000000 \text{ mm}^4$$

Momen inersia balok WF 350x350 (B1)

$$I_x = 403000000 \text{ mm}^4$$

Faktor panjang efektif k



Gambar 4. 20 Struktur portal yang ditinjau

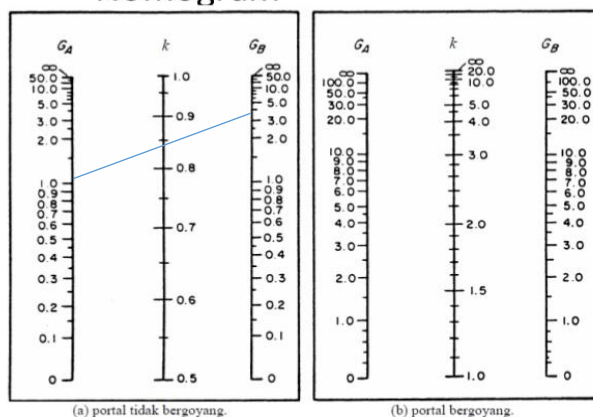
$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{balok}}}$$

$$G_B = \frac{499736,842 + 452142,857}{118529,412 + 118529,412}$$

$$G_B = 4,01$$

4.6.2 Akibat Portal Tak Bergoyang

Nomogram



Gambar 4. 21 Nomogram faktor panjang tekuk, k (SNI 03-1729-2002 Gb.7.6-2)

$k_c = 0,84$ (dari nomogram diagram)

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$\lambda_c = \frac{0,84 \cdot 3400}{262,78 \cdot \pi} \sqrt{\frac{290}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,13$$

Karena $\lambda_c < 0,25 = 0,13$, maka:

$$\omega = 1$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{290}{1}$$

$$f_{cr} = 290 \text{ Mpa}$$

Kuat rencana nominal

$$N_n = A_s \cdot f_{cr}$$

$$N_n = 27500 \cdot 290$$

$$N_n = 7975000 \text{ N}$$

$$N_n = 797500 \text{ kg}$$

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$528335,81 \leq 0,85 \cdot 797500$$

$$528335,81 \text{ kg} \leq 677875 \text{ kg}$$

OK

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{528335,81}{677875} = 0,78 > 0,2 \text{ Maka menggunakan persamaan } \frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

Cek kelangsingan penampang profil

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda = \frac{526,18}{15,44}$$

$$\lambda = 34,08$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_c N_y} \right) > \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{290}} \left(2,33 - \frac{528335,81}{677875} \right) > \frac{665}{\sqrt{290}}$$

$$\lambda_p = 45,53 > 39,05$$

$$\lambda < \lambda_p$$

34,08 < 45,53 (Maka penampang kompak)

Kontrol tekuk lateral :

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y$$

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{290}} \cdot 81,08$$

$$L_p = 3761,49 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 290 - 70$$

$$f_L = 220$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E_s \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{6105300} \sqrt{\frac{200000 \cdot 80000 \cdot 4839370,748 \cdot 27500}{2}}$$

$$X_1 = 16781,41 \text{ MPa}$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot 16060612622120}{180800000} \left(\frac{6105300}{80000 \cdot 4839370,748} \right)$$

$$X_2 = 5,603 \text{ mm}^4 / N^2$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_L} \sqrt{1 + X_2(f_1)^2}$$

$$L_r = 81,08 \frac{16781,41}{220} \sqrt{1 + 5,603(220)^2}$$

$$L_r = 141279,7 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$$3400 < 3761,499 \text{ mm} \dots (\text{Bentang Pendek}) (\text{OK})$$

$$\text{Sehingga } M_n = M_p$$

Untuk Mnx

$$M_{px} = Z_x \cdot f_y$$

$$M_{px} = 6768661,205 \cdot 290$$

$$M_{px} = 1962911750 \text{ Nmm}$$

$$M_{px} = 1962911,75 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_{nx} = 0,9 \times M_{px}$$

$$= 0,9 \times 1962911,75$$

$$= 1766620,575 \text{ kgm}$$

Untuk Mny

$$M_{py} = Z_y \cdot f_y$$

$$M_{py} = 2175781,03 \cdot 290$$

$$M_{py} = 630976498,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{py} = 630976,499 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_{ny} = 0,9 \times M_{py}$$

$$= 0,9 \times 630976,499$$

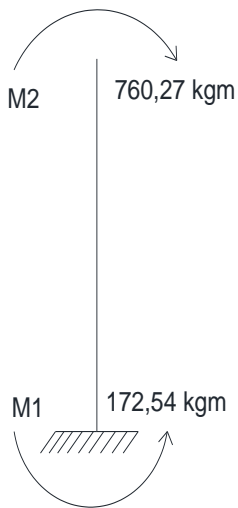
$$= 567878,849 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b Mux :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 172,54 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 760,27 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 22 Momen ujung akibat portal tak bergoyang pada arah x.

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{0,84 \cdot 3400}{262,782}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = 10,868$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{172,54}{760,27} \right)$$

$$C_m = 0,51$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot Es \cdot Ag}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_x} \right)^2}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 27500}{(10,868)^2}$$

$$N_{el} = 146207012,2 \text{ N}$$

$$N_{el} = 14620701,22 \text{ kg}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{el}}}$$

$$\delta_b = \frac{0,51}{1 - \frac{528335,81}{14620701,22}}$$

$$\delta_b = 0,528 \leq 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

$$M_{ux} = \delta_b \cdot M_{u \text{ maks}}$$

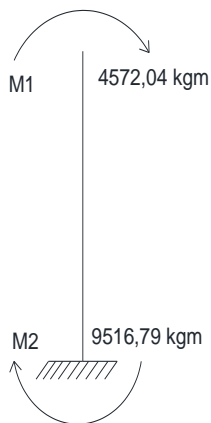
$$= 1 \cdot 760,27 = 760,27 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b M_{uy} :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 4572,04 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 9516,79 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 23 Momen ujung akibat portal tak bergoyang pada arah y.

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = \frac{0,84 \cdot 3400}{81,08}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = 35,22$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{4572,04}{9516,79} \right)$$

$$C_m = 0,41$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_y} \right)^2}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 27500}{(35,22)^2}$$

$$N_{el} = 13920078 \text{ N}$$

$$N_{el} = 1392007,8 \text{ kg}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{el}}}$$

$$\delta_b = \frac{0,41}{1 - \frac{528335,81}{1392007,8}}$$

$$\delta_b = 0,66 \leq 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

$$M_{uy} = \delta_b \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1 \cdot 9516,79 = 9516,79 \text{ kgm}$$

Kontrol kuat tekan lentur :

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{528335,81}{677875} + \frac{8}{9} \left(\frac{760,27}{1766620,525} + \frac{9516,79}{567878,849} \right) \leq 1,0$$

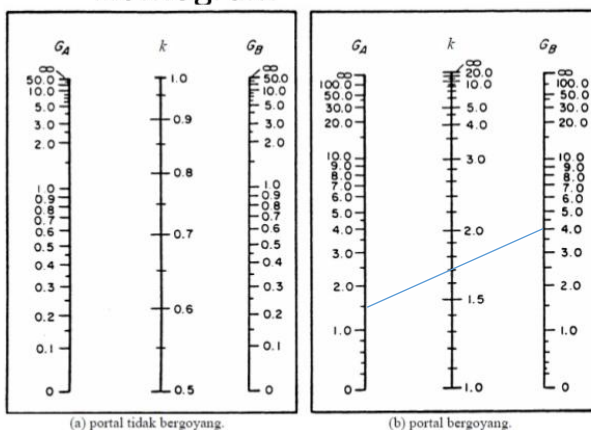
$$0,795$$

$$\leq 1,0$$

OK

4.6.3 Akibat Portal Bergoyang

Nomogram



Gambar 4. 24 Nomogram faktor panjang tekuk, k (SNI 03-1729-2002 Gb.7.6-2)

$$k_c = 1,6 \quad (\text{dari nomogram diagram})$$

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$\lambda_c = \frac{1,6 \cdot 3400}{262,782 \cdot \pi} \sqrt{\frac{290}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,25$$

Karena $0,25 < \lambda_c = 0,25$, maka:

$$\omega = 1$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{290}{1}$$

$$f_{cr} = 290 \text{ Mpa}$$

Kuat rencana nominal

$$N_n = A_s \cdot f_{cr}$$

$$N_n = 27500 \cdot 290$$

$$N_n = 7975000 \text{ N}$$

$$N_n = 797500 \text{ kg}$$

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$528335,81 \leq 0,85 \cdot 797500$$

$$528335,81 \text{ kg} \leq 677875 \text{ kg}$$

OK

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{528335,81}{677875} = 0,78 > 0,2 \text{ Maka menggunakan persamaan } \frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

Cek kelangsingan penampang profil

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda = \frac{526,18}{15,44}$$

$$\lambda = 34,08$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_c N_y} \right) > \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{290}} \left(2,33 - \frac{528335,81}{677875} \right) > \frac{665}{\sqrt{290}}$$

$$\lambda_p = 45,53 > 39,05$$

$$\lambda < \lambda_p$$

34,08 < 45,53 (Maka penampang kompak)

Kontrol tekuk lateral :

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y$$

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{290}} \cdot 81,08$$

$$L_p = 3761,49 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 290 - 70$$

$$f_L = 220$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E_s \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{6105300} \sqrt{\frac{200000 \cdot 80000 \cdot 4839370,75 \cdot 27500}{2}}$$

$$X_1 = 16781,41 \text{ MPa}$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot 16060612622120}{180800000} \left(\frac{6105300}{80000 \cdot 4839370,75} \right)$$

$$X_2 = 5,603 \text{ mm}^4 / \text{N}^2$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_L} \sqrt{1 + X_2 (f_1)^2}$$

$$L_r = 81,08 \frac{16781,41}{220} \sqrt{1 + 5,603 (220)^2}$$

$$L_r = 141280 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$$3400 < 3761,5 \text{ mm} \dots (\text{Bentang Pendek}) (\text{OK})$$

$$\text{Sehingga } M_n = M_p$$

Untuk M_{nx}

$$M_{px} = Z_x \cdot f_y$$

$$M_{px} = 5595031,32 \cdot 290$$

$$M_{px} = 1622559082 \text{ Nmm}$$

$$M_{px} = 1622559,08 \text{ kgm}$$

$$\phi M_{nx} = 0,9 \times M_{px}$$

$$= 0,9 \times 1622559,08$$

$$= 1460303,17 \text{ kgm}$$

Untuk M_{ny}

$$M_{py} = Z_y \cdot f_y$$

$$M_{py} = 2175781 \cdot 290$$

$$M_{py} = 630976499 \text{ Nmm}$$

$$M_{py} = 630976,49 \text{ kgm}$$

$$\phi M_{ny} = 0,9 \times M_{py}$$

$$= 0,9 \times 630976,49$$

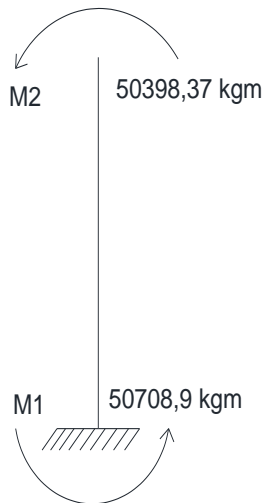
$$= 567878,85 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b M_{ux} :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 50398,37 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 50708,9 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 25 Momen ujung akibat portal bergoyang pada arah x.

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{1,6 \cdot 3400}{262,78}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = 20,71$$

$$\begin{aligned} \Sigma N_u = & 119752,21 + 232456,57 + 160647,72 + 221335,49 + 436985,49 + \\ & 299790,34 + 241810,61 + 414165,08 + 262389,57 + 264771,71 + \\ & 489567,67 + 332923,76 + 263354,76 + 508992,31 + 353495,45 + \\ & 263787,76 + 505292,29 + 350463,91 + 263860,44 + 506527,5 + \\ & 350776,93 + 264467,98 + 490307,95 + 332168,94 + 196831,98 + \\ & 290303,56 + 189464,73 + 107628,8 + 110293,51 + 97089,83 + 87734,17 \end{aligned}$$

$$\Sigma N_u = 9009439,02 \text{ kg}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot Es \cdot Ag}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_x}\right)^2}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 27500}{(20,71)^2}$$

$$N_{el} = 40298307,74 \text{ N}$$

$$N_{el} = 4029830,774 \text{ kg}$$

$$\Sigma N_{el} = 31 \times 4029830,774 = 124924754 \text{ kg}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma N_u}{\Sigma N_{el}}}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{9009439,02}{124924754}}$$

$$\delta_s = 1,08 \geq 1 \text{ (maka diambil 1,08)}$$

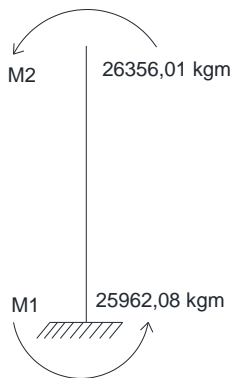
$$\begin{aligned} M_{ux} &= \delta_s \cdot M_u \text{ maks} \\ &= 1,08 \cdot 50708,9 \\ &= 54650,21 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b M_{uy} :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 25962,08 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 26356,01 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 26 Momen ujung akibat portal bergoyang pada arah y.

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = \frac{1,6 \cdot 3400}{81,08}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = 67,091$$

$$\begin{aligned} \sum N_u &= 119752,21 + 232456,57 + 160647,72 + 221335,49 + 436985,49 + \\ &\quad 299790,34 + 241810,61 + 414165,08 + 262389,57 + 264771,71 + \\ &\quad 489567,67 + 332923,76 + 263354,76 + 508992,31 + 353495,45 + \\ &\quad 263787,76 + 505292,29 + 350463,91 + 263860,44 + 506527,5 + \\ &\quad 350776,93 + 264467,98 + 490307,95 + 332168,94 + 196831,98 + \\ &\quad 290303,56 + 189464,73 + 107628,8 + 110293,51 + 97089,83 + 87734,17 \end{aligned}$$

$$\sum N_u = 9009439,02 \text{ kg}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_y}\right)^2}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 27500}{(67,091)^2}$$

$$N_{el} = 3836721 \text{ N}$$

$$N_{el} = 383672,1 \text{ kg}$$

$$\sum N_{el} = 31 \times 383672,1 = 11893837 \text{ kg}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\sum N_{el}}}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{9009439,02}{11893837}}$$

$$\delta_s = 0,41 < 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

$$M_{uy} = \delta_s \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1 \cdot 26356,01$$

$$= 26356,01 \text{ kgm}$$

Periksa persamaan

$$M_{ux} = \delta_b \cdot M_{ntux} + \delta_s \cdot M_{ltux}$$

$$= 760,27 \text{ kgm} + 54650,21 \text{ kgm}$$

$$= 55410,48 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = \delta_b \cdot M_{ntuy} + \delta_s \cdot M_{ltuy}$$

$$= 9516,79 \text{ kgm} + 26356,01 \text{ kgm}$$

$$= 35872,8 \text{ kgm}$$

Kontrol kuat tekan lentur :

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{528335,81}{677875} + \frac{8}{9} \left(\frac{55410,48}{1460303,2} + \frac{35872,8}{567878,8} \right) \leq 1,0$$

$$0,87 \leq 1,0$$

OK

4.7 Perencanaan Penghubung Geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi selip pada saat masa layan. Analisis terhadap jumlah dan jarak antar penghubung geser dilakukan berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan pada profil WF 350x350 bentang 3,4 m.

Data-data penghubung geser:

Dipakai penghubung geser *stud*

$$\text{Diameter } stud = \frac{3}{4}'' = 19,05 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi } stud = 70 \text{ mm}$$

$$f_u \text{ } stud = 400 \text{ Mpa}$$

Menentukan gaya geser horizontal pada balok. Karena balok diasumsikan berperilaku sebagai komposit penuh, maka nilai C diambil dari nilai terkecil antara $A_s \cdot f_y$ dan $0,85 \cdot f'_c \cdot A_c$:

$$A_s \cdot f_y = 17390 \cdot 240$$

$$A_s \cdot f_y = 4173600 \text{ N}$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot A_c = 0,85 \cdot 25 \cdot t_s \cdot b_E$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot A_c = 0,85 \cdot 35 \cdot 120 \cdot 850$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot A_c = 2167500 \text{ N}$$

$$V_h = 2167500 \text{ N (diambil yang terkecil)}$$

Syarat diameter maksimum *stud* (SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.6)

$$\emptyset < 2,5 \cdot t_f$$

$$19,05 < 2,5 \cdot 19$$

$$19,05 \text{ mm} < 47,5 \text{ mm}$$

Luas penampang melintang *stud*

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4}$$

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 19,05^2}{4}$$

$$A_{sc} = 284,878 \text{ mm}^2$$

Menentukan kuat geser sebuah *stud*

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} (f'_c \cdot E_c)^{0.5}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 284,878 (25 \cdot 20000)^{0.5}$$

$$Q_n = 100719,746 \text{ N}$$

$$Q_n = A_{sc} f_{u \text{ stud}}$$

$$Q_n = 284,878 \cdot 400$$

$$Q_n = 113951,385 \text{ N}$$

$$Q_n = 100719,746 \text{ N (diambil yang terkecil)}$$

Persyaratan mengenai jarak antar penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.6 yang antara lain mensyaratkan:

1. Selimut lateral minimum = 25 mm, kecuali ada dek baja
2. Diameter maksimum = 2,5 x tebal flens profil baja
3. Jarak longitudinal minimum = 6 x diameter penghubung geser
4. Jarak longitudinal maksimum = 8 x tebal pelat beton
5. Jarak minimum dalam arah tegak lurus sumbu longitudinal = 4 x diameter

$$\begin{aligned} \text{Jarak minimum longitudinal} &= 6 \cdot \emptyset \\ &= 6 \cdot 19,05 \\ &= 114,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak minimum trasnfersal} &= 4 \cdot \emptyset \\ &= 4 \cdot 19,05 \\ &= 76,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak maksimum longitudinal} &= 8 \cdot t_s \\ &= 8 \cdot 120 \\ &= 960 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jumlah *stud* yang diperlukan untuk setengah bentang balok.

$$N = V_h / Q_n$$

$$N = 2167500 / 100719,746$$

$$N = 21,520$$

$$N = 22 \text{ buah}$$

Jarak longitudinal antar *stud* (dipasang secara 2 baris)

$$s = \frac{\frac{1}{2} L \cdot 2}{N}$$

$$s = \frac{\frac{1}{2} 3400 \cdot 2}{22}$$

$$s = 154,545 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan jumlah dan jarak *stud* pada bentang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4. 7 Rekapitulasi jumlah dan jarak antar stud.

Bentang (m)	Profil	N 1/2 bentang	S (mm)
3.4	WF 350X350	22	154.55
5.25	WF 350X350	34	154.41
5.65	WF 350X350	37	152.70
4	WF 350X350	26	153.85
3.05	WF 350X350	20	152.50
2.85	WF 350X350	19	150.00
3.65	WF 350X350	24	152.08
2	WF 350X350	14	142.86
2	WF 250X250	14	142.857
5.25	WF 250X250	34	154.412
5.65	WF 250X250	36	156.944
3.4	WF 250X250	22	154.545
2.85	WF 250X250	18	158.333
3.05	WF 250X250	20	152.500
4	WF 250X250	26	153.846

Diambil jarak rata-rata antar stud S (mm) sebesar 150 mm.

4.8 Perencanaan Sambungan

Sambungan pada suatu struktur gedung diperlukan untuk menyambung pertemuan antara balok dan kolom dan pertemuan antar kolom. Pada skripsi ini, sambungan antara balok baja dan kolom baja menggunakan las, sedangkan sambungan antar kolom

menggunakan baut. Analisis terhadap sambungan ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1729-2002.

4.8.1 Sambungan Antar Balok - Kolom

Untuk menyambungkan balok baja ke kolom baja digunakan sambungan berupa las. Contoh perhitungan dilakukan pada balok profil WF 350x350

Data-data las:

Digunakan electrode las E80

$$f_{u\ w} = 560 \text{ Mpa}$$

Data-data pada balok

$$M_{u\ maks} = 48891,99 \text{ kgm}$$

$$V_{u\ maks} = 37658,23 \text{ kg}$$

- Las pada badan

Persyaratan ukuran las

$$a_{maks} = t_w - 1,6$$

$$a_{maks} = 12 - 1,6$$

$$a_{maks} = 10,4 \text{ mm}$$

$$a_{min} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

Diambil nilai $a = 6 \text{ mm}$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 6$$

$$t_e = 4,24 \text{ mm}$$

Gaya akibat geser

$$R_{u\ v} = V_u$$

$$R_{u\ v} = 37568,23 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran 10 mm per mm panjang

$$\phi R_{n\ w} = \phi \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{u\ w}$$

$$\phi R_{n\ w} = 0,75 \cdot 4,24 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{n\ w} = 1068,98 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_u v}{\phi R_{nw}}$$

$$L_w = \frac{375682,3}{1068,98}$$

$$L_w = 351,439 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 355 \text{ mm}$$

Syarat panjang minimum las sudut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.5)

$$L_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 4 \cdot a$$

$$L_{\min} = 4 \cdot 6$$

$$L_{\min} = 24 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 40 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$

Syarat jarak maksimum antara las sudut yang berdekatan (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.7)

$$L_{\text{maks}} = 300 \text{ mm}$$

$$L_{\text{maks}} = 16 \cdot t_w$$

$$L_{\text{maks}} = 16 \cdot 12$$

$$L_{\text{maks}} = 192$$

$$L_{\text{maks}} = 200 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Kuat rencana las baja

$$\phi T_n = L_w \cdot \phi R_{nw}$$

$$\phi T_n = 355 \cdot 1068,98$$

$$\phi T_n = 379487,9 \text{ N}$$

- Las pada sayap

Persyaratan ukuran las

$$a_{maks} = t_f - 1,6$$

$$a_{maks} = 19 - 1,6$$

$$a_{maks} = 17,4 \text{ mm}$$

$$a_{min} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

$$\text{diambil nilai } a = 15 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 15$$

$$t_e = 10,61 \text{ mm}$$

Gaya akibat momen

$$R_{uM} = M_u / d$$

$$R_{uM} = 488919900 / 350$$

$$R_{uM} = 1396914 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{uw}$$

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot 10,61 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{nw} = 2672,46 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_{uM}}{\phi R_{nw}}$$

$$L_w = \frac{1396914}{2672,46}$$

$$L_w = 522,707 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 530 \text{ mm}$$

Syarat panjang minimum las sudut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.5)

$$L_{min} = 40 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 4 \cdot a$$

$$L_{\min} = 4 \cdot 15$$

$$L_{\min} = 60 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 60 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$

Syarat jarak maksimum antara las sudut yang berdekatan (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.7)

$$L_{\max} = 300 \text{ mm}$$

$$L_{\max} = 16 \cdot t_w$$

$$L_{\max} = 16 \cdot 19$$

$$L_{\max} = 304 \text{ mm}$$

$$L_{\max} = 300 \text{ mm (diambil yang terkecil)}$$

Kuat rencana las baja

$$\phi T_n = L_w \cdot \phi R_n$$

$$\phi T_n = 530 \cdot 2672,46$$

$$\phi T_n = 1416403,8 \text{ N}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan tebal dan panjang las sudut pada balok bentang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4. 8 Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut antara balok dan kolom.

balok	profil	badan		sayap	
		a (mm)	Lw (mm)	a (mm)	Lw (mm)
B1	WF 350x350	6	355	15	530
B2	WF 250x250	6	100	10	265

4.8.2 Sambungan antar kolom

Untuk menyambung antar kolom baja digunakan sambungan berupa baut. Contoh perhitungan dilakukan pada kolom profil 24' WF 24x14.

Data-data baut:

Digunakan baut A325

$$\phi = 22 \text{ mm}$$

$$A_b = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$f_u^b = 825 \text{ Mpa}$$

Data-data pada kolom

$$f_u = 500 \text{ Mpa}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 52500,81 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ maks}} = 32185,45 \text{ kg}$$

Tahanan nominal baut (ϕR_{nw})

- Geser

$$1 \text{ bidang geser} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$1 \text{ bidang geser} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot 825 \cdot 379,94$$

$$1 \text{ bidang geser} = 94035,15 \text{ N}$$

$$2 \text{ bidang geser} = 2 \cdot 94035,15$$

$$2 \text{ bidang geser} = 188070,3 \text{ N}$$

- Tumpu

$$\text{Badan profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_{up} \cdot \phi \cdot t_w$$

$$\text{Badan profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 500 \cdot 22 \cdot 15,44$$

$$\text{Badan profil} = 305712 \text{ N}$$

$$\text{Sayap profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_{up} \cdot \phi \cdot t_f$$

$$\text{Sayap profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 500 \cdot 22 \cdot 25,91$$

$$\text{Sayap profil} = 513018 \text{ N}$$

a. Baut pada badan

Tinggi pelat penyambung direncanakan 700 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$I_{\text{pelat penyambung}} \geq I_{\text{badan}}$$

$$2 \cdot \frac{1}{12} \cdot t_p \cdot 500^3 \geq \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot h^3$$

$$2 \cdot \frac{1}{12} \cdot t_p \cdot h_p^3 \geq \frac{1}{12} \cdot 15,44 \cdot 526,18^3$$

$$t_p \geq 8,997 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 9 \text{ mm}$$

Tahanan geser nominal 2 bidang lebih kecil dari pada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 2 bidang.

$$n = \frac{R_u V}{\phi R_{nw}}$$

$$n = \frac{321854,5}{188070,3}$$

$$n = 1,711$$

$$n \approx 3 \text{ buah}$$

Tahanan geser menentukan, sehingga tahanan untuk 3 baut:

$$\phi T_n = n \cdot \phi R_n$$

$$\phi T_n = 3 \cdot 188070,3$$

$$\phi T_n = 564210,9 \text{ N}$$

Syarat jarak baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

$$1,5 \varnothing = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$3 \varnothing = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15 \cdot t_w = 15 \cdot 15,44 = 231,60 \text{ mm}$$

$$4 \cdot t_w + 100 = 4 \cdot 15,44 + 100 = 161,76 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

$$3 \varnothing < S < 15 \cdot t_w \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil jarak 66mm)}$$

Jarak baut dengan tepi pelat

$$1,5 \varnothing < S < 4 \cdot t_w + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil jarak 33mm)}$$

b. Baut pada sayap

Tinggi pelat penyambung direncanakan 330 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$S = \frac{M_u}{2 b f}$$

$$S = \frac{525008100}{714}$$

$$S = 735305,462 \text{ N}$$

$$A_n = \frac{S}{f_u}$$

$$A_n = \frac{735305,462}{500}$$

$$A_n = 1470,611 \text{ mm}^2$$

$$t_p = \frac{A_n}{h_l}$$

$$t_p = \frac{1470,611}{330}$$

$$t_p = 4,456 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 6 \text{ mm}$$

Tahanan geser nominal 2 bidang lebih kecil daripada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 1 bidang.

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{S}{\phi R_{nw}}$$

$$n = \frac{735305,462}{94035,15}$$

$$n = 7,81$$

$$n \approx 10 \text{ buah}$$

Tahanan geser menentukan, sehingga tahanan untuk 10 baut:

$$\phi T_n = n \cdot \phi R_n$$

$$\phi T_n = 10 \cdot 94035,15$$

$$\phi T_n = 940351,5 \text{ N}$$

Syarat jarak baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

$$1,5 \varnothing = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$3 \varnothing = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15 \cdot t_f = 15 \cdot 25,91 = 388,65 \text{ mm}$$

$$4 \cdot t_f + 100 = 4 \cdot 25,91 + 100 = 203,64 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

$3 \phi < S < 15 \cdot t_w$ atau 200 mm

66 mm $< S < 200$ mm (diambil jarak 100mm)

Jarak baut dengan tepi pelat

$1,5 \phi < S < 4 \cdot t_w + 100$ atau 200 mm

33 mm $< S < 200$ mm (diambil jarak 50mm)

4.9 Pembahasan

Perencanaan alternatif Hotel Neo Condotel Kota Batu ini menggunakan balok baja yang dikomposit dengan pelat beton dengan memakai *shear connector* dan menggunakan bahan baja untuk kolomnya. Balok dan kolom yang digunakan adalah balok baja dan kolom baja WF. Mutu baja yang digunakan ada 2, untuk balok menggunakan BJ37 dan untuk kolom BJ50 sedangkan mutu betonnya menggunakan mutu $f'_c = 25$ MPa. Untuk sambungan antara balok dan kolom digunakan las dengan electrode E80, sedangkan sambungan antar kolom digunakan baut dengan mutu A325.

Pembebanan yang diperhitungkan pada struktur ada beberapa macam yaitu beban gempa dan beban gravitasi yang ditahan oleh struktur itu sendiri. Beban yang gravitasi yang terjadi pada struktur ada dua kondisi dimana kondisi pertama yaitu pembebanan sebelum komposit dan pada kondisi kedua pembebanan setelah komposit. Selain itu beban gempa disini cukup berpengaruh karena gedung terdiri dari 7 lantai, sehingga beban gempa harus benar-benar diperhitungkan dengan baik.

Input yang dimasukkan pada SAP2000 adalah data-data dimensi profil balok dan kolom yang akan digunakan, dan juga data-data pembebanan mulai dari beban gravitasi dan beban gempa. Beban gempa dianalisis dengan menggunakan *design respons spectrum*. Sedangkan *output* yang dihasilkan adalah berupa gaya-gaya dalam dari struktur yang berupa momen, gaya lintang dan gaya aksial. Gaya-gaya dalam tersebut digunakan untuk mengontrol balok dan kolom yang telah diperkirakan di awal perencanaan serta untuk merencanakan balok-kolom dan sambungan antar kolom.

Berdasarkan filosofi "*Capacity Design*" yang digunakan dalam perencanaan, maka kolom diberi kekuatan yang cukup sehingga kolom tidak leleh atau runtuh terlebih dahulu sebelum balok ketika terjadi goyangan lateral. Dalam hal ini untuk merencanakan kekuatan lentur kolom dilakukan control terhadap persyaratan *strong column weak beam*, yaitu bahwa kapasitas yang tersedia dari penampang kolom harus lebih besar dari kapasitas penampang balok.

4.9.1 Pembahasan Balok

Balok yang direncanakan ada 2 tipe yaitu balok 1 dengan profil WF 350x350 balok 2 dengan profil WF 250x250. Setelah mendapatkan *output* dari analisis pemodelan pada SAP2000 yang berupa gaya-gaya dalam dari struktur yaitu momen, gaya lintang dan gaya aksial, selanjutnya akan dikontrol terhadap kapasitas tahanan dari balok tersebut. Perencanaan balok sendiri terdiri dari dua macam yaitu balok sebelum komposit dan balok setelah komposit.

Pada perencanaan balok sebelum komposit, balok dikontrol terhadap kapasitas tahanan momen lentur nominal, kapasitas tahanan geser nominal dan lendutan. Pada hasil analisis kapasitas tahanan lentur nominal balok sebelum komposit bisa dilihat pada Tabel 4.2. Rekapitulasi kuat lentur balok sebelum komposit dengan hasil pada balok 1 memiliki kapasitas momen lentur nominal sebesar 50861,28 kgm yang masih lebih besar dibandingkan dengan momen lentur *ultimate* yang terjadi pada balok 1 sebesar 34076,89 kgm. Untuk balok 2 memiliki kapasitas momen lentur nominal sebesar 19112,76 kgm yang masih lebih besar dibandingkan dengan momen lentur *ultimate* yang terjadi pada balok 2 sebesar 5354,74 kgm, sehingga dapat disimpulkan bahwa masing-masing balok mampu menahan lentur *ultimate* yang terjadi pada balok. Sedangkan hasil analisis tahanan geser nominalnya bisa dilihat pada Tabel 4.3. Rekapitulasi kuat geser balok sebelum komposit dan dari tabel tersebut didapat hasil pada balok 1 memiliki kapasitas tahanan geser nominal sebesar 48522,24 kg yang masih lebih besar dibandingkan dengan geser lentur *ultimate* yang terjadi pada balok 1 sebesar 37568,23 kg dan bisa dikatakan aman. Untuk balok 2 memiliki kapasitas geser lentur nominal sebesar 25894,08 kg yang masih lebih besar dibandingkan dengan geser lentur *ultimate* yang terjadi pada balok 2 sebesar 9503,4 kg, jadi masing-masing balok mampu menahan geser *ultimate* yang terjadi pada balok. Untuk lendutan maksimum yang terjadi pada balok sebesar 17,506 mm dimana masih lebih kecil dari lendutan yang diijinkan yaitu sebesar 21,25 mm.

Selanjutnya perencanaan balok dengan kondisi setelah komposit. Perbedaan balok sebelum komposit dengan setelah komposit yaitu pada pembebanannya dan juga cara analisisnya. Pada pembebanan sebelum komposit beban hidup yang ditahan oleh struktur sebesar 100 kg/m^2 dan beban mati sebesar berat sendiri bangunan pada saat pembebanan setelah komposit beban hidup yang bekerja sebesar 250 kg/m^2 dan beban mati sebesar berat sendiri bangunan ditambah plafond, spesi, kramik dan berat instalasi yang jumlahnya sebesar 123 kg/m^2 . Dilakukan kontrol yang sama seperti balok sebelum komposit namun dengan cara analisis yang berbeda. Untuk menghitung kapasitas tahanan momen lentur pada

balok sebelum komposit yaitu dengan $M_n = Z_x \cdot f_y$, berbeda dengan cara menghitung kapasitas tahanan lentur nominal balok setelah komposit yaitu dengan cara $M_n = C \cdot d_1$. Pada analisis kuat lentur balok setelah komposit terjadi dua kondisi yaitu kontrol kuat lentur positif dan kuat lentur negatif. Pada hasil analisis balok kuat lentur positif bisa dilihat pada tabel Tabel 4.4. Rekapitulasi kuat lentur positif dan kuat lentur negatif pada Tabel 4.5. Rekapitulasi kuat lentur negatif, dari hasil kedua analisis tersebut memberikan kesimpulan bahwa balok mampu menahan lentur positif *ultimate* maupun lentur negatif *ultimate*. Untuk analisis pada tahanan geser nominal balok setelah komposit bisa dilihat pada Tabel 4.6. Rekapitulasi kuat geser balok setelah komposit yang menunjukkan bahwa masing-masing balok mampu menahan geser *ultimate* yang terjadi pada balok. Lendutan maksimum yang terjadi pada balok setelah komposit sebesar 20,6 mm dimana masih lebih kecil dari lendutan yang diijinkan yaitu sebesar 21,25 mm.

4.9.2 Pembahasan Kolom

Kolom yang direncanakan pada struktur bangunan ini menggunakan material baja dengan profil 24' WF 24x14. Kolom harus memiliki inersia yang lebih besar dari balok dan juga mutu baja yang digunakan untuk kolom adalah BJ 50. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan SAP2000, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan kolom ini, digunakan lentur dan gaya normal. Selanjutnya dilakukan analisis pada kolom berdasarkan SNI 03-1729-2002.

Hasil *output* dari perhitungan SAP2000 pada gaya normal *ultimate* atau N_u adalah sebesar 528335,81 kg. Untuk menghitung kapasitas tahanan normal nominal adalah dengan rumus $N_n = A_s \cdot f_{cr}$, dan hasil analisis kapasitas tahanan normal nominal atau N_n sebesar 677875 kg yang menunjukkan bahwa kolom mampu menahan gaya normal *ultimate* yang terjadi.

Pada suatu komponen struktur terkadang efek gaya aksial maupun momen lentur tidak dapat diabaikan salah satunya, kombinasi dari gaya aksial dan momen lentur harus dipertimbangkan dalam proses desain komponen struktur tersebut. Komponen tersebut disebut sebagai elemen balok-kolom (*beam-column*). Oleh karena itu dilakukan analisis balok-kolom pada perencanaan alternatif ini karena efek gaya aksial dan momen lentur yang tidak dapat diabaikan salah satunya. Perencanaan struktur balok-kolom, diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 11.3. Untuk analisis balok-kolom sendiri terdiri dari analisis balok-kolom akibat portal bergoyang yang analisisnya bisa dilihat pada sub bab 4.6.2 dan analisis balok-kolom akibat portal bergoyang yang bisa dilihat pada sub bab 4.6.3.

4.9.3 Pembahasan Penghubung Geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip saat masa layan. Besarnya gaya horizontal yang dipikul oleh penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.2. Sedangkan persyaratan mengenai jarak antar penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.6.

Penghubung geser yang direncanakan menggunakan penghubung geser tipe *stud* diameter *stud* $\frac{3}{4}$ " atau 19,05 mm dan tinggi *stud* 70 mm dengan mutu $f_{u \text{ stud}} = 400$ MPa. Hasil perencanaan penghubung geser bisa dilihat pada Tabel 4.7. Rekapitulasi jumlah dan jarak antar *stud*. Dilihat dari tabel tersebut balok memiliki jumlah kebutuhan *stud* yang berbeda sesuai dengan panjang dari balok tersebut. Agar memiliki jarak yang sama antar penghubung geser disetiap baloknya maka diambil jarak sepanjang 150 mm.

4.9.4 Pembahasan Sambungan

Sambungan pada perencanaan ini terdiri dari sambungan antara balok-kolom dan sambungan antar kolom. Untuk sambungan antara balok induk dan balok anak serta sambungan balok-kolom digunakan las. Sambungan las yang digunakan adalah sambungan las elektroda dengan $f_{u \text{ w}} = 560$ Mpa. Setelah dilakukan perhitungan untuk perencanaan sambungan las didapat tebal dan panjang kebutuhan las yang bisa dilihat pada Tabel.4.8. Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut antara balok dan kolom.

Untuk sambungan antar kolomnya sendiri menggunakan baut A325 dengan $\varnothing = 22$ mm. Data yang digunakan dalam perencanaan sambungan antar kolom menggunakan baut adalah lentur *ultimate* dan geser *ultimate* dari kolom. Pada perencanaan sambungan antar kolom menggunakan baut didapat jumlah kebutuhan baut untuk *web* sejumlah 6 buah baut dan untuk *flens* sejumlah 16 buah baut. Perhitungan jarak antar baut sudah disesuaikan dengan persyaratan jarak antar baut menurut SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perencanaan alternatif Hotel Neo Condotel Kota Batu ini menggunakan balok baja yang dikomposit dengan pelat beton dengan memakai *shear connector* dan menggunakan bahan baja untuk kolomnya. Balok dan kolom yang digunakan adalah balok baja-beton dan kolom baja WF. Balok yang direncanakan ada 2 tipe yaitu balok induk dengan profil WF 350x350 balok anak dengan profil WF 250x250. Kolom yang direncanakan pada struktur bangunan ini menggunakan material baja dengan profil 24' WF 24x14. Adapun kelebihan dari perencanaan komposit ialah penghematan berat baja sebesar 20 sampai 30% yang seringkali diperoleh dengan memanfaatkan semua keuntungan dari sisem komposit. Gedung ini dirancang dengan konsep perencanaan berdasarkan LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

5.2 Saran

Pada perencanaan gedung komposit agar diperhatikan pengaruh kontinuitas dan lendutan jangka panjang. Karena lendutan jangka panjang dapat menjadi masalah jika aksi penampang komposit menahan sebagian besar beban yang terus bekerja dalam waktu yang lama. Selain itu, dalam perencanaan tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku agar mendapatkan hasil yang dapat dipertanggung jawabkan, serta dalam pembebanan pada saat analisis menggunakan aplikasi struktur harus sesuai dengan kegunaan gedung tersebut. Setelah itu perlu adanya kontrol apakah hasilnya sesuai dengan rencana awal. Pada saat pemilihan profil baja harus sesuai dengan profil yang ada di lapangan atau di pasaran, agar lebih mudah dalam pelaksanaannya.

(Halaman dikosongkan)

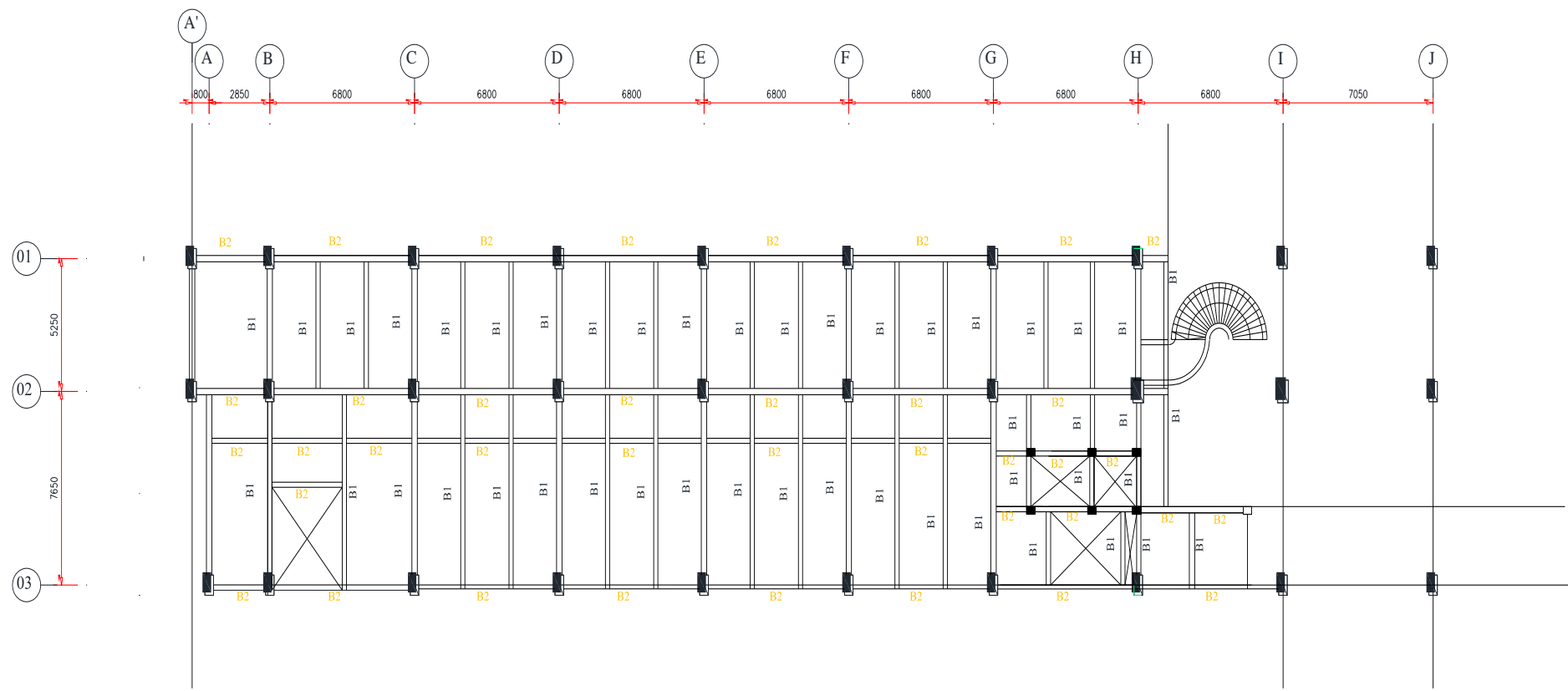
DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (1983). *Peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-1726-2012*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-1729-2002*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Beton untuk Bngunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-2487-2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Budiono, B., & Supriatna, L. (2002). *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 Dan RSNI 03-1726-201x*. Jakarta: Erlangga.
- Gere, James. M., & Timoshenko, Stephen. P. 1972. *Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Lahamukang, K.S., Pah, J.J.S. & Messah, Y.A. (2014). Kuat Geser Komposit Baja-Beton Dengan Variasi Bentuk Penghubung Geser Ditinjau Dari Uji Geser Murni. *Jurnal Teknik Sipil Vol.(3)*
- Mursid, M., Kristijanto, H. & Soewardojo, R. (2013). Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Telkomsel di Surabaya Barat Menggunakan Baja-Beton. *Jurnal Teknik Pomits Vol.(1):1-6*
- Muto, K. (1987). *Analisis Perancangan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta: Erlangga.
- Nasution, A. (2000). *Analisa Struktur dengan Metoda Matrik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Pujianto, A. (2011). *Struktur Komposit Dengan Metode LRFD*: MIT Press.
<https://ekhalmussaad.files.wordpress.com/2011/03/7-komposit.doc>. (diakses 1 Februari 2017)
- Salmon, C. G., & Johnson, J. E. (1991). *Struktur Baja Desain Dan Perilaku jilid 2 Edisi Kedua*. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M. S. CE. Jakarta: Erlangga.
- Schueller, W. (1991). *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: Refika Aditama.
- Smith, J. C. (1996). *Structural steel design LRFD Approach Second Edition*. John Wiley & Son, Inc: United Stated of America.

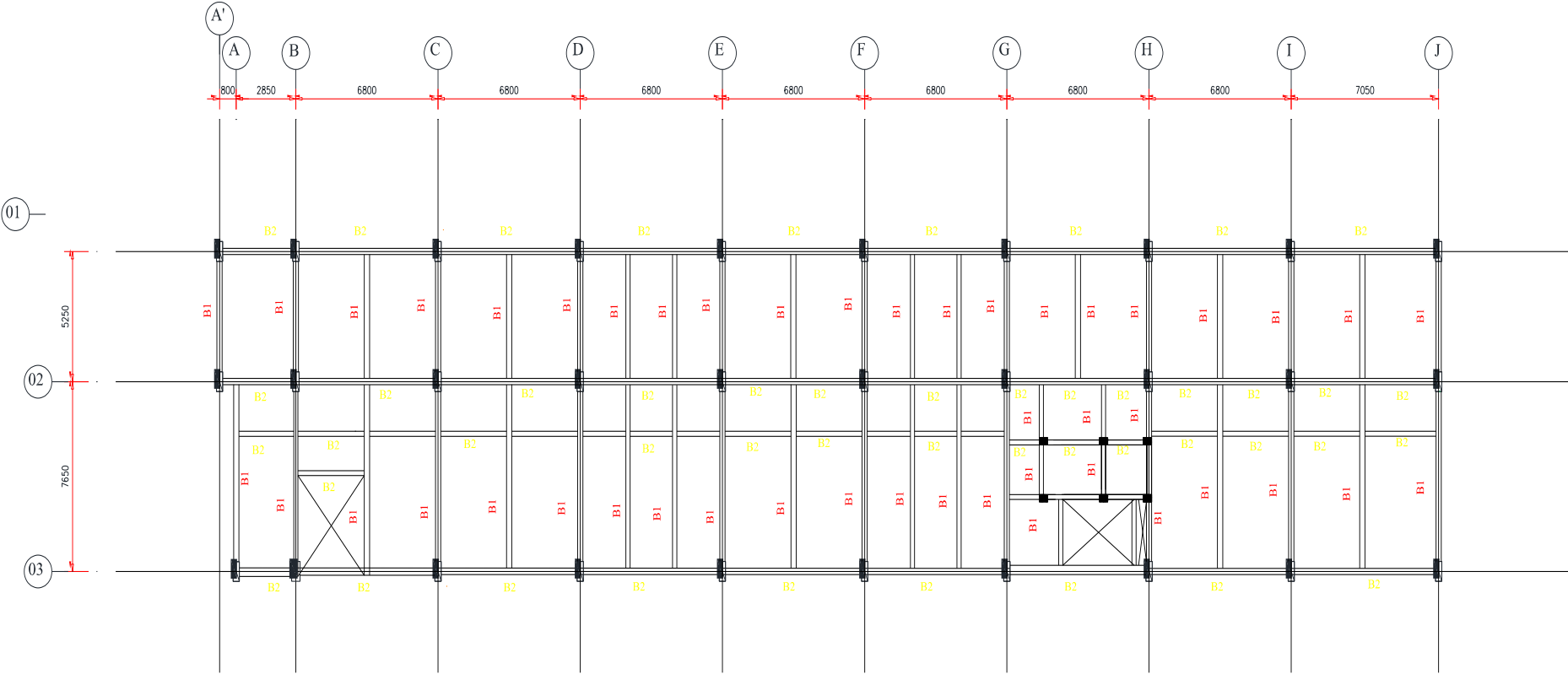
- Setiawan, A. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- Taranath, B. S. 1998. *Steel, Concrete, and Composite Design of Tall Buildings*. USA: McGraw-Hill.
- Tular, R. B. 1984. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Viest, I. M. & Fountain, R. S. (1958). *Composite Construction In Steel and Concrete*. Ohio: Lorain.

LAMPIRAN 1 DENAH GEDUNG

DENAH LANTAI 1-2

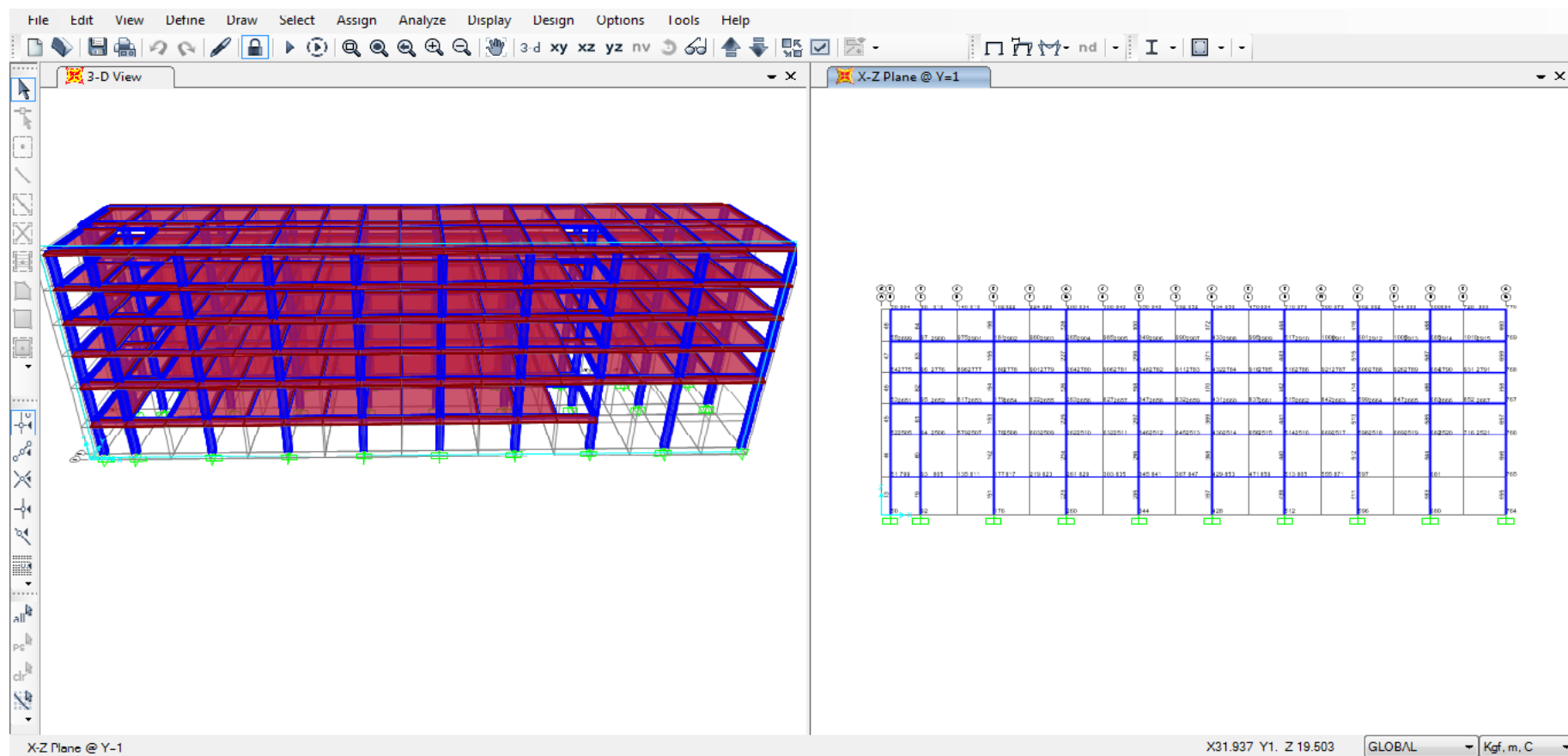


DENAH LANTAI 3-7



(Halama dikosongkan)

LAMPIRAN 2 SAP2000 V19

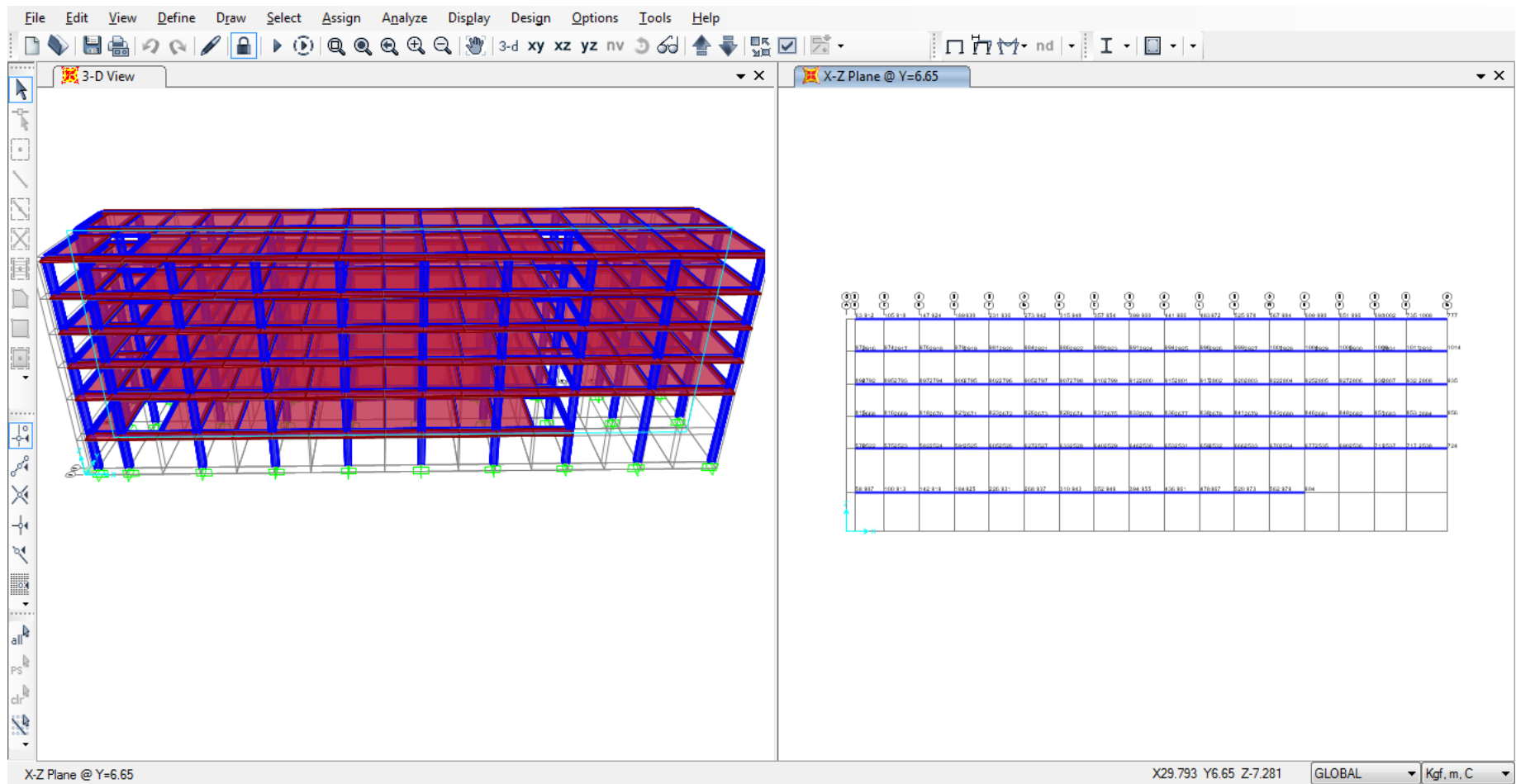


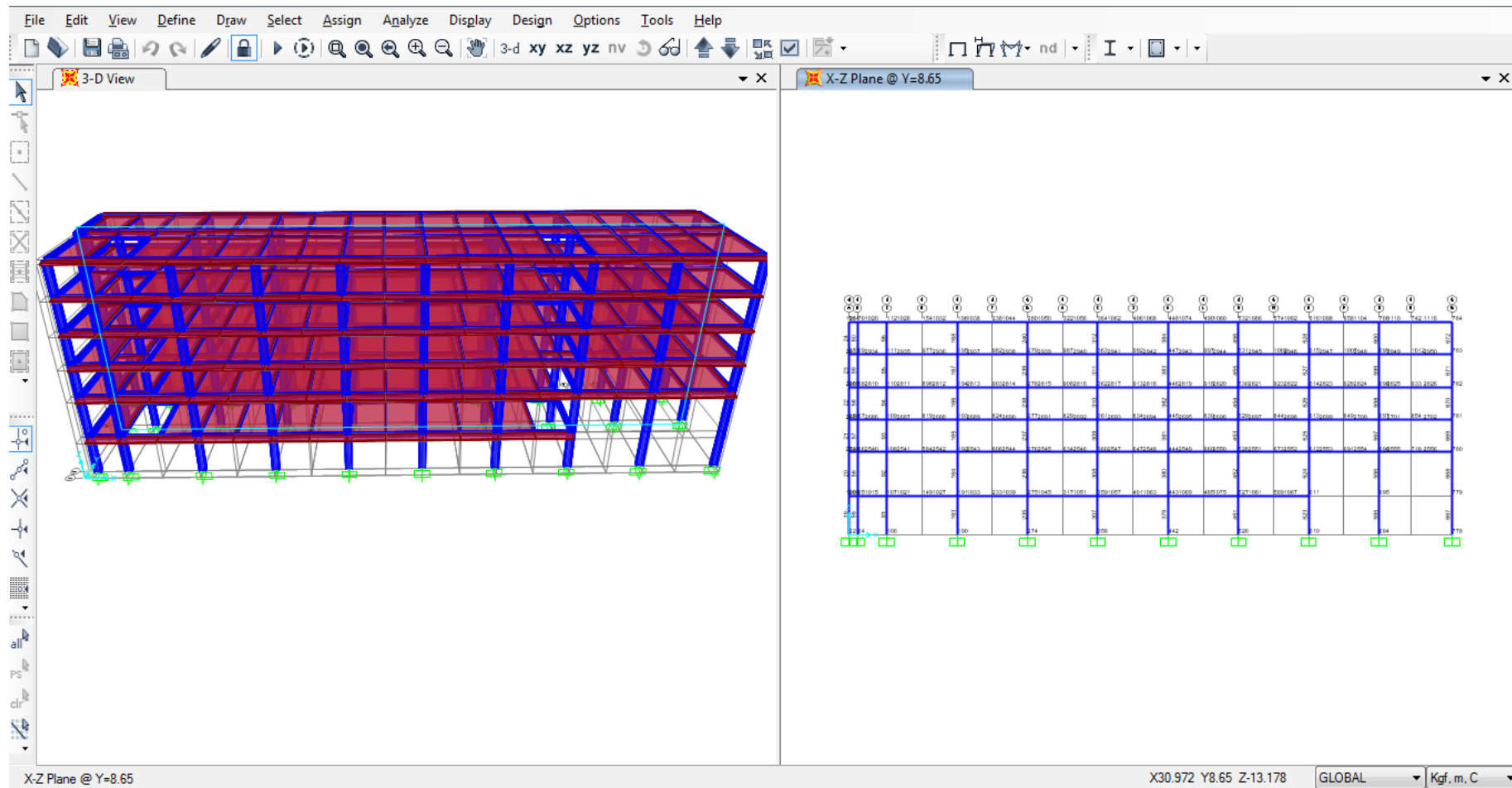
X-Z Plane @ Y-1

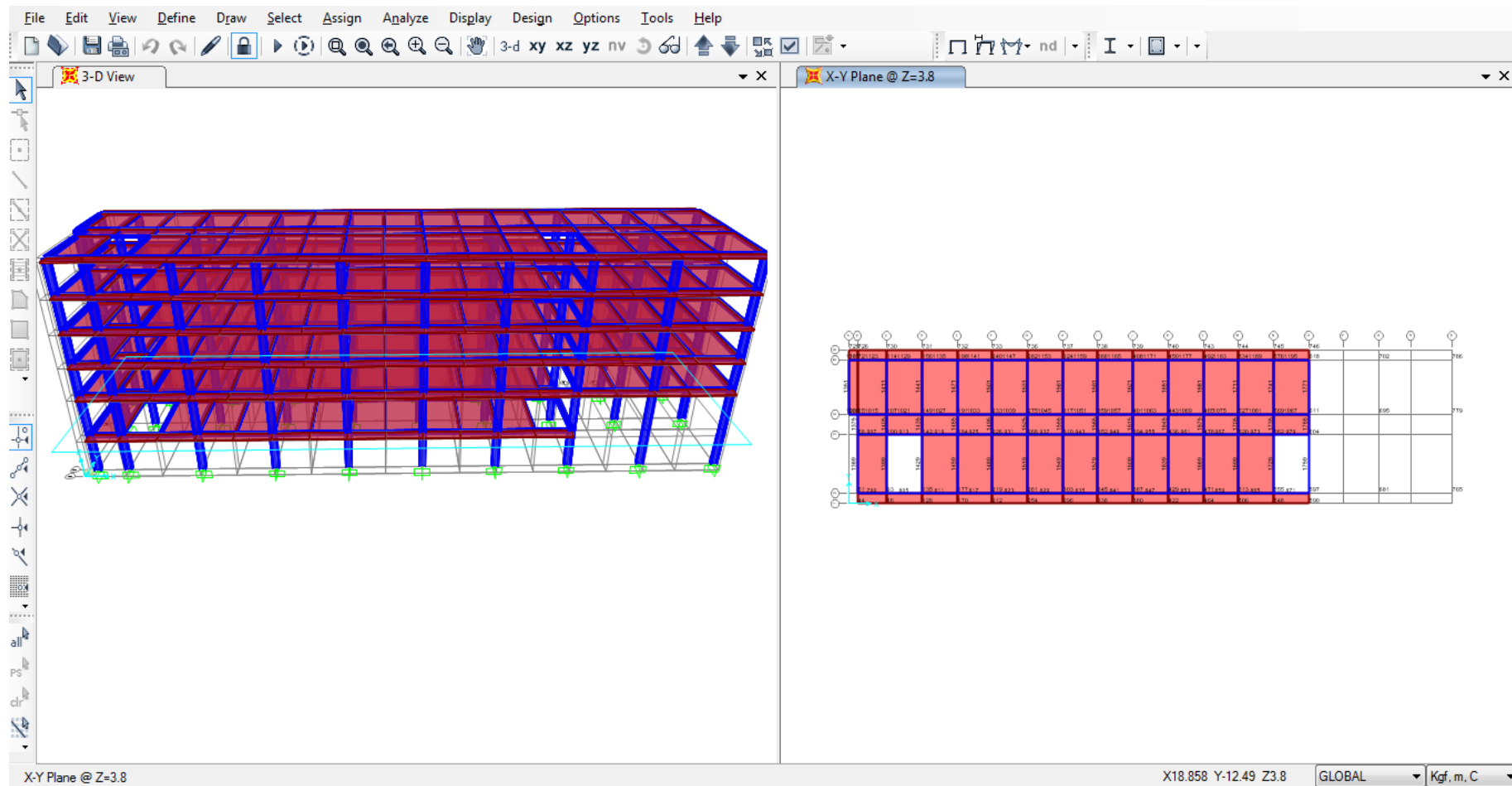
X31.937 Y1. Z 19.503

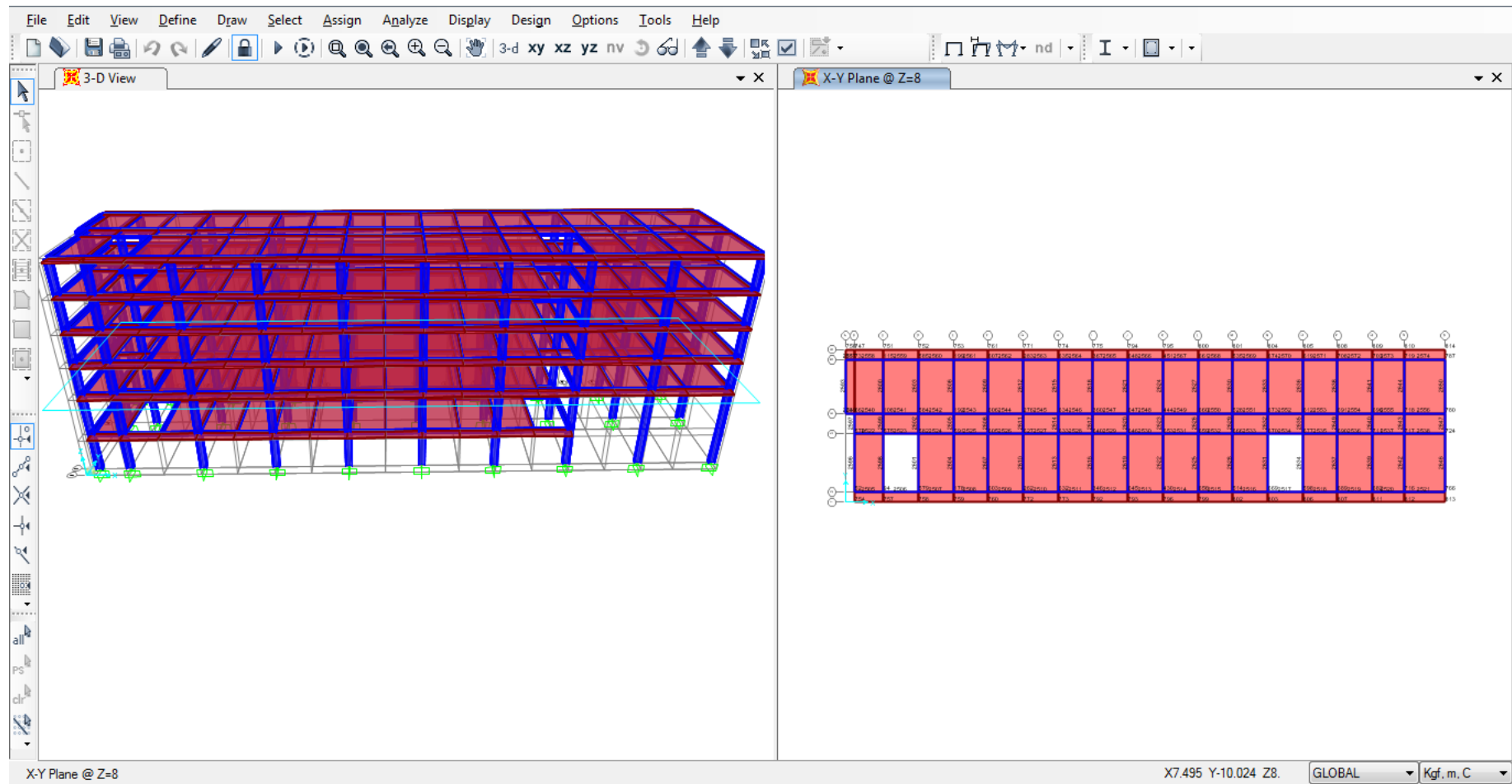
GLOBAL

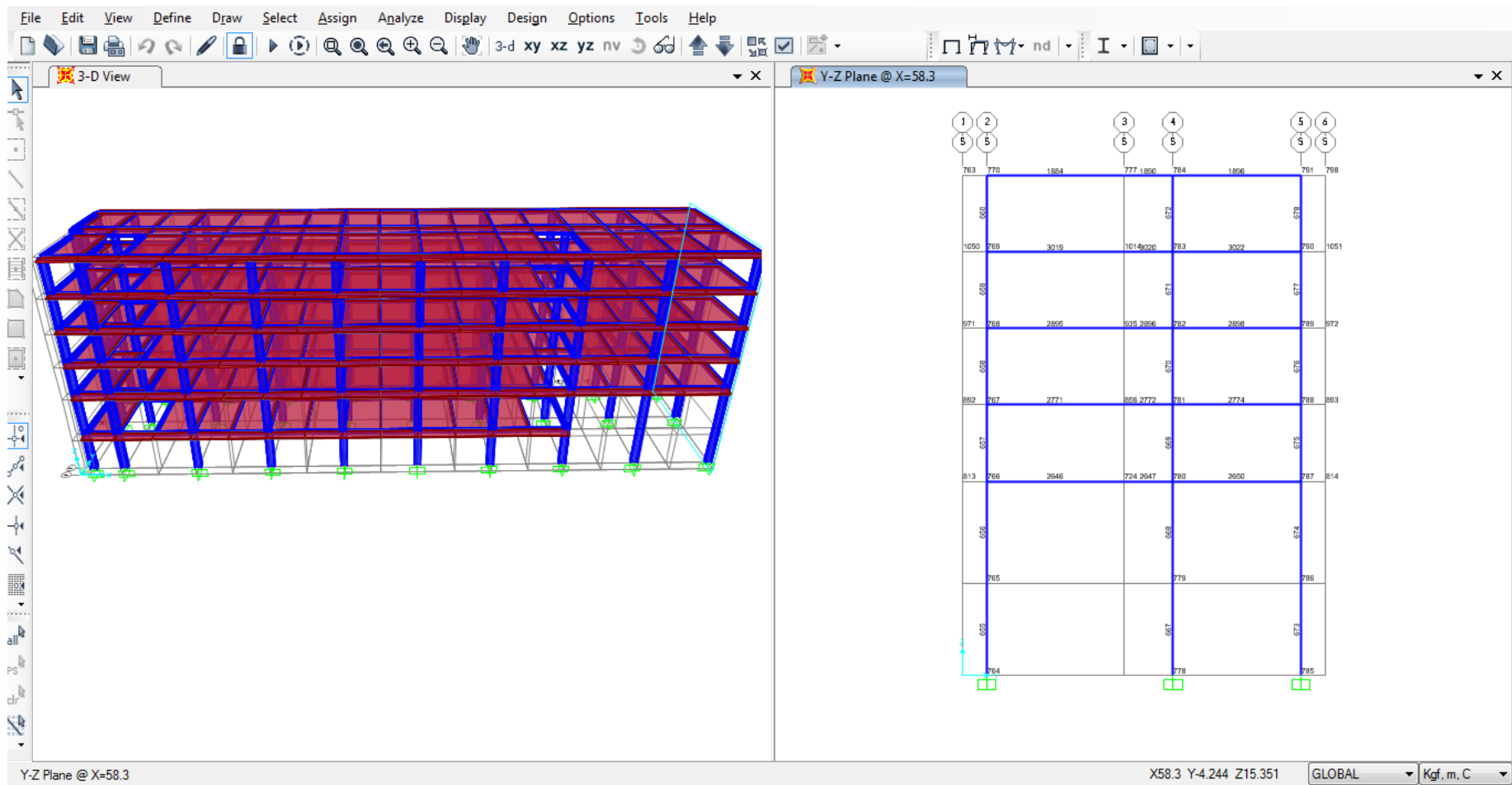
⌵ Kgf, m, C

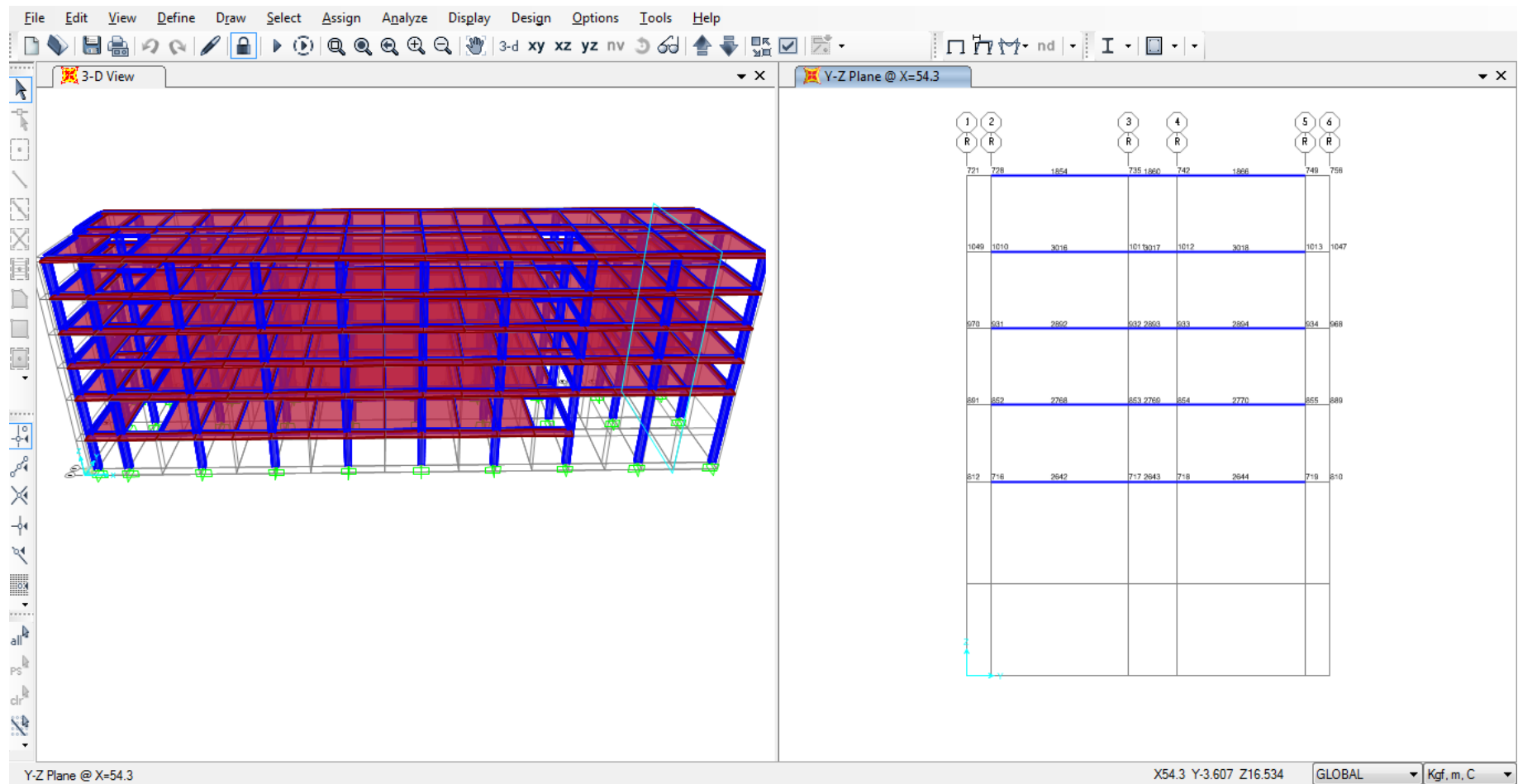












Hasil *output* M,D,N pada balok 2 dengan profil WF 250X250

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	Frame Elem	Elem Station
Text	m	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Text	m
907	0	1.4 D	Combination		38.62	-418.56	0.02337	0.65	0.003428	-436.53	907-1	0
907	0.475	1.4 D	Combination		38.62	169.86	0.02337	0.65	-0.00767	-377.46	907-1	0.475
907	0.95	1.4 D	Combination		38.62	758.27	0.02337	0.65	-0.01877	-597.89	907-1	0.95
907	1.425	1.4 D	Combination		38.62	1346.69	0.02337	0.65	-0.02987	-1097.82	907-1	1.425
907	1.9	1.4 D	Combination		38.62	1935.1	0.02337	0.65	-0.04097	-1877.24	907-1	1.9
907	2.375	1.4 D	Combination		38.62	2523.51	0.02337	0.65	-0.05207	-2936.16	907-1	2.375
907	2.85	1.4 D	Combination		38.62	3111.93	0.02337	0.65	-0.06316	-4274.58	907-1	2.85
907	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		43.59	-151.66	0.0245	0.73	-0.03947	-396.54	907-1	0
907	0.475	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		43.59	352.7	0.0245	0.73	-0.05111	-444.29	907-1	0.475
907	0.95	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		43.59	857.05	0.0245	0.73	-0.06275	-731.6	907-1	0.95
907	1.425	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		43.59	1361.41	0.0245	0.73	-0.07438	-1258.49	907-1	1.425
907	1.9	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		43.59	1865.76	0.0245	0.73	-0.08602	-2024.94	907-1	1.9
907	2.375	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		43.59	2370.12	0.0245	0.73	-0.09765	-3030.96	907-1	2.375
907	2.85	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		43.59	2874.47	0.0245	0.73	-0.11	-4276.55	907-1	2.85
907	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		39.66	-229.32	0.02282	0.66	-0.02357	-388.15	907-1	0
907	0.475	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		39.66	275.03	0.02282	0.66	-0.03441	-399.01	907-1	0.475
907	0.95	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		39.66	779.39	0.02282	0.66	-0.04525	-649.43	907-1	0.95
907	1.425	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		39.66	1283.74	0.02282	0.66	-0.05609	-1139.42	907-1	1.425
907	1.9	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		39.66	1788.1	0.02282	0.66	-0.06693	-1868.99	907-1	1.9
907	2.375	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		39.66	2292.45	0.02282	0.66	-0.07777	-2838.12	907-1	2.375
907	2.85	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		39.66	2796.81	0.02282	0.66	-0.08861	-4046.82	907-1	2.85
907	0	1.2 D + L +0.5 R	Combination		39.66	-229.32	0.02282	0.66	-0.02357	-388.15	907-1	0
907	0.475	1.2 D + L +0.5 R	Combination		39.66	275.03	0.02282	0.66	-0.03441	-399.01	907-1	0.475
907	0.95	1.2 D + L +0.5 R	Combination		39.66	779.39	0.02282	0.66	-0.04525	-649.43	907-1	0.95
907	1.425	1.2 D + L +0.5 R	Combination		39.66	1283.74	0.02282	0.66	-0.05609	-1139.42	907-1	1.425

907	1.9	1.2 D + L +0.5 R	Combination		39.66	1788.1	0.02282	0.66	-0.06693	-1868.99	907-1	1.9
907	2.375	1.2 D + L +0.5 R	Combination		39.66	2292.45	0.02282	0.66	-0.07777	-2838.12	907-1	2.375
907	2.85	1.2 D + L +0.5 R	Combination		39.66	2796.81	0.02282	0.66	-0.08861	-4046.82	907-1	2.85
907	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	68.8	745.07	0.18	0.79	0.8	1027.68	907-1	0
907	0.475	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	68.8	1249.43	0.18	0.79	0.72	554.02	907-1	0.475
907	0.95	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	68.8	1753.78	0.18	0.79	0.64	-159.14	907-1	0.95
907	1.425	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	68.8	2258.14	0.18	0.79	0.56	-1108.8	907-1	1.425
907	1.9	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	68.8	2762.49	0.18	0.79	0.49	-1433.17	907-1	1.9
907	2.375	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	68.8	3266.85	0.18	0.79	0.41	-1939.58	907-1	2.375
907	2.85	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	68.8	3771.2	0.18	0.79	0.35	-2685.48	907-1	2.85
907	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	10.51	-1203.72	-0.14	0.54	-0.85	-1803.98	907-1	0
907	0.475	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	10.51	-699.36	-0.14	0.54	-0.79	-1352.03	907-1	0.475
907	0.95	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	10.51	-195.01	-0.14	0.54	-0.73	-1139.72	907-1	0.95
907	1.425	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	10.51	309.35	-0.14	0.54	-0.67	-1170.05	907-1	1.425
907	1.9	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	10.51	813.7	-0.14	0.54	-0.62	-2304.8	907-1	1.9
907	2.375	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	10.51	1318.06	-0.14	0.54	-0.57	-3736.65	907-1	2.375
907	2.85	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	10.51	1822.41	-0.14	0.54	-0.52	-5408.15	907-1	2.85
907	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	120.83	1.89	0.72	0.91	1.43	43.22	907-1	0
907	0.475	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	120.83	506.25	0.72	0.91	1.09	-75.9	907-1	0.475
907	0.95	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	120.83	1010.6	0.72	0.91	0.75	-433	907-1	0.95
907	1.425	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	120.83	1514.96	0.72	0.91	0.42	-1023.62	907-1	1.425
907	1.9	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	120.83	2019.31	0.72	0.91	0.13	-1804.94	907-1	1.9
907	2.375	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	120.83	2523.67	0.72	0.91	0.18	-2700.58	907-1	2.375
907	2.85	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	120.83	3028.03	0.72	0.91	0.47	-3806.28	907-1	2.85
907	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-41.51	-460.54	-0.67	0.42	-1.48	-819.52	907-1	0
907	0.475	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-41.51	43.81	-0.67	0.42	-1.16	-722.12	907-1	0.475
907	0.95	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-41.51	548.17	-0.67	0.42	-0.85	-865.86	907-1	0.95
907	1.425	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-41.51	1052.53	-0.67	0.42	-0.53	-1255.22	907-1	1.425
907	1.9	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-41.51	1556.88	-0.67	0.42	-0.26	-1933.03	907-1	1.9

907	2.375	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-41.51	2061.24	-0.67	0.42	-0.33	-2975.66	907-1	2.375
907	2.85	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-41.51	2565.59	-0.67	0.42	-0.65	-4287.35	907-1	2.85
907	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	53.97	705.32	0.17	0.55	0.82	1135.21	907-1	0
907	0.475	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	53.97	1083.59	0.17	0.55	0.75	710.37	907-1	0.475
907	0.95	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	53.97	1461.85	0.17	0.55	0.67	105.93	907-1	0.95
907	1.425	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	53.97	1840.12	0.17	0.55	0.6	-675.11	907-1	1.425
907	1.9	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	53.97	2218.39	0.17	0.55	0.53	-770.99	907-1	1.9
907	2.375	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	53.97	2596.65	0.17	0.55	0.46	-989	907-1	2.375
907	2.85	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	53.97	2974.92	0.17	0.55	0.39	-1386.61	907-1	2.85
907	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-4.32	-1243.47	-0.14	0.29	-0.82	-1696.46	907-1	0
907	0.475	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-4.32	-865.2	-0.14	0.29	-0.76	-1195.68	907-1	0.475
907	0.95	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-4.32	-486.94	-0.14	0.29	-0.7	-874.65	907-1	0.95
907	1.425	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-4.32	-108.67	-0.14	0.29	-0.64	-736.37	907-1	1.425
907	1.9	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-4.32	269.6	-0.14	0.29	-0.58	-1642.61	907-1	1.9
907	2.375	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-4.32	647.86	-0.14	0.29	-0.53	-2786.07	907-1	2.375
907	2.85	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-4.32	1026.13	-0.14	0.29	-0.48	-4109.28	907-1	2.85
907	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	106	-37.86	0.71	0.67	1.46	150.75	907-1	0
907	0.475	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	106	340.41	0.71	0.67	1.12	80.46	907-1	0.475
907	0.95	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	106	718.68	0.71	0.67	0.79	-167.93	907-1	0.95
907	1.425	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	106	1096.94	0.71	0.67	0.46	-589.94	907-1	1.425
907	1.9	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	106	1475.21	0.71	0.67	0.17	-1142.76	907-1	1.9
907	2.375	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	106	1853.48	0.71	0.67	0.22	-1749.99	907-1	2.375
907	2.85	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	106	2231.74	0.71	0.67	0.52	-2507.41	907-1	2.85
907	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-56.34	-500.29	-0.68	0.17	-1.45	-712	907-1	0
907	0.475	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-56.34	-122.02	-0.68	0.17	-1.13	-565.76	907-1	0.475
907	0.95	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-56.34	256.24	-0.68	0.17	-0.81	-600.79	907-1	0.95
907	1.425	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-56.34	634.51	-0.68	0.17	-0.5	-821.54	907-1	1.425
2642	0	1.4 D	Combination		114.84	-9401.31	0.05847	0.62	1.3	-4462.08	2642-1	0
2642	0.47083	1.4 D	Combination		114.84	-7975.8	0.05847	0.62	1.27	-371.22	2642-1	0.4708

2642	0.94167	1.4 D	Combination		114.84	-6550.29	0.05847	0.62	1.24	3048.46	2642-1	0.9417	Mu Max
2642	1.4125	1.4 D	Combination		114.84	-5124.78	0.05847	0.62	1.21	5796.97	2642-1	1.4125	
2642	1.88333	1.4 D	Combination		114.84	-3699.27	0.05847	0.62	1.19	7874.3	2642-1	1.8833	
2642	2.35417	1.4 D	Combination		114.84	-2273.76	0.05847	0.62	1.16	9280.45	2642-1	2.3542	
2642	2.825	1.4 D	Combination		114.84	-848.25	0.05847	0.62	1.13	10015.42	2642-1	2.825	
2642	3.29583	1.4 D	Combination		114.84	577.26	0.05847	0.62	1.1	10079.21	2642-1	3.2958	
2642	3.76667	1.4 D	Combination		114.84	2002.77	0.05847	0.62	1.08	9471.83	2642-1	3.7667	
2642	4.2375	1.4 D	Combination		114.84	3428.28	0.05847	0.62	1.05	8193.27	2642-1	4.2375	
2642	4.70833	1.4 D	Combination		114.84	4853.79	0.05847	0.62	1.02	6243.53	2642-1	4.7083	
2642	5.17917	1.4 D	Combination		114.84	6279.3	0.05847	0.62	0.99	3622.62	2642-1	5.1792	
2642	5.65	1.4 D	Combination		114.84	7704.81	0.05847	0.62	0.97	330.52	2642-1	5.65	
2642	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	-8438.56	0.05267	0.61	1.19	-4329.85	2642-1	0	
2642	0.47083	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	-7216.69	0.05267	0.61	1.17	-644.35	2642-1	0.4708	
2642	0.94167	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	-5994.82	0.05267	0.61	1.14	2465.86	2642-1	0.9417	
2642	1.4125	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	-4772.96	0.05267	0.61	1.12	5000.78	2642-1	1.4125	
2642	1.88333	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	-3551.09	0.05267	0.61	1.09	6960.4	2642-1	1.8833	
2642	2.35417	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	-2329.23	0.05267	0.61	1.07	8344.72	2642-1	2.3542	
2642	2.825	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	-1107.36	0.05267	0.61	1.04	9153.75	2642-1	2.825	
2642	3.29583	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	114.5	0.05267	0.61	1.02	9387.49	2642-1	3.2958	
2642	3.76667	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	1336.37	0.05267	0.61	0.99	9045.93	2642-1	3.7667	
2642	4.2375	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	2558.24	0.05267	0.61	0.97	8129.07	2642-1	4.2375	
2642	4.70833	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	3780.1	0.05267	0.61	0.94	6636.92	2642-1	4.7083	
2642	5.17917	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	5001.97	0.05267	0.61	0.92	4569.48	2642-1	5.1792	
2642	5.65	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		107.4	6223.83	0.05267	0.61	0.89	1926.74	2642-1	5.65	
2642	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	-8295.95	0.05171	0.58	1.16	-4140.4	2642-1	0	
2642	0.47083	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	-7074.08	0.05171	0.58	1.14	-522.04	2642-1	0.4708	
2642	0.94167	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	-5852.22	0.05171	0.58	1.11	2521.03	2642-1	0.9417	
2642	1.4125	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	-4630.35	0.05171	0.58	1.09	4988.8	2642-1	1.4125	
2642	1.88333	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	-3408.48	0.05171	0.58	1.06	6881.27	2642-1	1.8833	

2642	2.35417	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	-2186.62	0.05171	0.58	1.04	8198.45	2642-1	2.3542
2642	2.825	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	-964.75	0.05171	0.58	1.02	8940.34	2642-1	2.825
2642	3.29583	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	257.11	0.05171	0.58	0.99	9106.93	2642-1	3.2958
2642	3.76667	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	1478.98	0.05171	0.58	0.97	8698.22	2642-1	3.7667
2642	4.2375	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	2700.85	0.05171	0.58	0.94	7714.22	2642-1	4.2375
2642	4.70833	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		104.04	3922.71	0.05171	0.58	0.92	6154.93	2642-1	4.7083
2643	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	244.7	4338.76	-1.39	-3.82	-3.46	2730.55	2643-1	0
2643	0.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	244.7	4678.5	-1.39	-3.82	-2.77	471.34	2643-1	0.5
2643	1	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	244.7	5018.24	-1.39	-3.82	-2.14	-1960.46	2643-1	1
2643	1.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	244.7	5357.98	-1.39	-3.82	-3.26	-4564.84	2643-1	1.5
2643	2	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	244.7	5697.72	-1.39	-3.82	-4.63	-7340.99	2643-1	2
2643	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	357.08	4920.58	9.35	-1.56	7.52	3014.72	2643-1	0
2643	0.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	357.08	5260.32	9.35	-1.56	2.85	516.71	2643-1	0.5
2643	1	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	357.08	5600.06	9.35	-1.56	-1.63	-1635.13	2643-1	1
2643	1.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	357.08	5939.8	9.35	-1.56	1.9	-3953.56	2643-1	1.5
2643	2	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	357.08	6279.54	9.35	-1.56	5.89	-6441.77	2643-1	2
2643	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	276.53	3787.23	-8	-1.88	-10.11	2491.21	2643-1	0
2643	0.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	276.53	4126.97	-8	-1.88	-6.12	465.45	2643-1	0.5
2643	1	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	276.53	4466.71	-8	-1.88	-2.33	-2246.23	2643-1	1
2643	1.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	276.53	4806.45	-8	-1.88	-6.53	-5131.06	2643-1	1.5
2643	2	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	276.53	5146.19	-8	-1.88	-11.2	-8185.84	2643-1	2
2643	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	303.63	2785.35	2.57	0.92	1.16	1391.85	2643-1	0
2643	0.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	303.63	3040.15	2.57	0.92	-0.12	-59.63	2643-1	0.5
2643	1	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	303.63	3294.96	2.57	0.92	-1.35	-1635.79	2643-1	1
2643	1.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	303.63	3549.76	2.57	0.92	-0.81	-3336.65	2643-1	1.5
2643	2	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	303.63	3804.57	2.57	0.92	-0.03243	-5163	2643-1	2
2643	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	159.42	2755.05	-1.56	-3.27	-3.16	1347.02	2643-1	0
2643	0.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	159.42	3009.86	-1.56	-3.27	-2.39	-99.1	2643-1	0.5
2643	1	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	159.42	3264.66	-1.56	-3.27	-1.66	-1675.35	2643-1	1

2643	1.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	159.42	3519.47	-1.56	-3.27	-2.71	-3381.72	2643-1	1.5	Mu Min	Vu Min
2643	2	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	159.42	3774.27	-1.56	-3.27	-3.98	-5217.38	2643-1	2		
2643	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	271.8	3336.88	9.18	-1.02	7.81	1631.18	2643-1	0		
2643	0.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	271.8	3591.68	9.18	-1.02	3.23	-53.74	2643-1	0.5		
2643	1	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	271.8	3846.49	9.18	-1.02	-1.15	-1350.02	2643-1	1		
2643	1.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	271.8	4101.29	9.18	-1.02	2.46	-2770.43	2643-1	1.5		
2643	2	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	271.8	4356.1	9.18	-1.02	6.54	-4318.15	2643-1	2		
2643	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	191.25	2203.52	-8.17	-1.33	-9.82	1107.68	2643-1	0		
2643	0.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	191.25	2458.33	-8.17	-1.33	-5.74	-105	2643-1	0.5		
2643	1	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	191.25	2713.14	-8.17	-1.33	-1.86	-1961.12	2643-1	1		
2643	1.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	191.25	2967.94	-8.17	-1.33	-5.97	-3947.93	2643-1	1.5		
2643	2	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	191.25	3222.75	-8.17	-1.33	-10.55	-6062.23	2643-1	2		
2644	0	1.4 D	Combination		-3.38	-9503.4	-0.08614	0.023	0.61	-11588.16	2644-1	0		
2644	0.47727	1.4 D	Combination		-3.38	-8058.39	-0.08614	0.023	0.65	-7397.28	2644-1	0.4773	Mu Min	Vu Min
2644	0.95455	1.4 D	Combination		-3.38	-6613.39	-0.08614	0.023	0.69	-3896.06	2644-1	0.9546		
2644	1.43182	1.4 D	Combination		-3.38	-5168.38	-0.08614	0.023	0.73	-1084.5	2644-1	1.4318		
2644	1.90909	1.4 D	Combination		-3.38	-3723.38	-0.08614	0.023	0.78	1037.4	2644-1	1.9091		
2644	2.38636	1.4 D	Combination		-3.38	-2278.37	-0.08614	0.023	0.82	2469.63	2644-1	2.3864		
2644	2.86364	1.4 D	Combination		-3.38	-833.36	-0.08614	0.023	0.86	3212.2	2644-1	2.8636		
2644	3.34091	1.4 D	Combination		-3.38	611.64	-0.08614	0.023	0.9	3265.11	2644-1	3.3409		
2644	3.81818	1.4 D	Combination		-3.38	2056.65	-0.08614	0.023	0.94	2628.36	2644-1	3.8182		
2644	4.29545	1.4 D	Combination		-3.38	3501.66	-0.08614	0.023	0.98	1301.95	2644-1	4.2955		
2644	4.77273	1.4 D	Combination		-3.38	4946.66	-0.08614	0.023	1.02	-714.13	2644-1	4.7727		
2644	5.25	1.4 D	Combination		-3.38	6391.67	-0.08614	0.023	1.06	-3419.87	2644-1	5.25		
2644	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	-8239.95	-0.08728	0.0183	0.45	-10821.36	2644-1	0		
2644	0.47727	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	-7001.37	-0.08728	0.0183	0.5	-7184.22	2644-1	0.4773		
2644	0.95455	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	-5762.8	-0.08728	0.0183	0.54	-4138.23	2644-1	0.9546		
2644	1.43182	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	-4524.22	-0.08728	0.0183	0.58	-1683.37	2644-1	1.4318		

2644	1.90909	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	-3285.64	-0.08728	0.0183	0.62	180.35	2644-1	1.9091
2644	2.38636	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	-2047.07	-0.08728	0.0183	0.66	1452.92	2644-1	2.3864
2644	2.86364	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	-808.49	-0.08728	0.0183	0.7	2134.36	2644-1	2.8636
2644	3.34091	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	430.09	-0.08728	0.0183	0.75	2224.67	2644-1	3.3409
2644	3.81818	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	1668.66	-0.08728	0.0183	0.79	1723.83	2644-1	3.8182
2644	4.29545	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	2907.24	-0.08728	0.0183	0.83	631.85	2644-1	4.2955
2644	4.77273	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	4145.82	-0.08728	0.0183	0.87	-1051.26	2644-1	4.7727
2644	5.25	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-16.06	5384.39	-0.08728	0.0183	0.91	-3325.52	2644-1	5.25
2644	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	-8204.63	-0.08224	0.0189	0.48	-10488.12	2644-1	0
2644	0.47727	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	-6966.06	-0.08224	0.0189	0.52	-6867.84	2644-1	0.4773
2644	0.95455	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	-5727.48	-0.08224	0.0189	0.56	-3838.7	2644-1	0.9546
2644	1.43182	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	-4488.9	-0.08224	0.0189	0.6	-1400.7	2644-1	1.4318
2644	1.90909	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	-3250.33	-0.08224	0.0189	0.64	446.16	2644-1	1.9091
2644	2.38636	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	-2011.75	-0.08224	0.0189	0.68	1701.89	2644-1	2.3864
2644	2.86364	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	-773.17	-0.08224	0.0189	0.72	2366.47	2644-1	2.8636
2644	3.34091	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	465.4	-0.08224	0.0189	0.76	2439.92	2644-1	3.3409
2644	3.81818	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	1703.98	-0.08224	0.0189	0.79	1922.22	2644-1	3.8182
2644	4.29545	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	2942.56	-0.08224	0.0189	0.83	813.39	2644-1	4.2955
2644	4.77273	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	4181.13	-0.08224	0.0189	0.87	-886.58	2644-1	4.7727
2644	5.25	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-11.12	5419.71	-0.08224	0.0189	0.91	-3177.69	2644-1	5.25
2644	0	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-11.12	-8204.63	-0.08224	0.0189	0.48	-10488.12	2644-1	0
2644	0.47727	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-11.12	-6966.06	-0.08224	0.0189	0.52	-6867.84	2644-1	0.4773
2644	0.95455	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-11.12	-5727.48	-0.08224	0.0189	0.56	-3838.7	2644-1	0.9546
2613	0	1.4 D	Combination		54.04	-9014.56	0.03697	0.0248	-0.00343	-4013.55	2613-1	0
2613	0.47083	1.4 D	Combination		54.04	-7589.05	0.03697	0.0248	-0.02084	-104.79	2613-1	0.4708
2613	0.94167	1.4 D	Combination		54.04	-6163.54	0.03697	0.0248	-0.03824	3132.8	2613-1	0.9417
2613	1.4125	1.4 D	Combination		54.04	-4738.03	0.03697	0.0248	-0.05565	5699.21	2613-1	1.4125
2613	1.88333	1.4 D	Combination		54.04	-3312.52	0.03697	0.0248	-0.07305	7594.45	2613-1	1.8833
2613	2.35417	1.4 D	Combination		54.04	-1887.01	0.03697	0.0248	-0.09046	8818.5	2613-1	2.3542

2613	2.825	1.4 D	Combination		54.04	-461.5	0.03697	0.0248	-0.11	9371.38	2613-1	2.825	Vu Max
2613	3.29583	1.4 D	Combination		54.04	964.01	0.03697	0.0248	-0.13	9253.08	2613-1	3.2958	
2613	3.76667	1.4 D	Combination		54.04	2389.52	0.03697	0.0248	-0.14	8463.61	2613-1	3.7667	
2613	4.2375	1.4 D	Combination		54.04	3815.03	0.03697	0.0248	-0.16	7002.95	2613-1	4.2375	
2613	4.70833	1.4 D	Combination		54.04	5240.54	0.03697	0.0248	-0.18	4871.12	2613-1	4.7083	
2613	5.17917	1.4 D	Combination		54.04	6666.05	0.03697	0.0248	-0.19	2068.11	2613-1	5.1792	
2613	5.65	1.4 D	Combination		54.04	8091.56	0.03697	0.0248	-0.21	-1406.08	2613-1	5.65	
2613	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	-8034.99	0.03937	0.0267	0.015	-3850.57	2613-1	0	
2613	0.47083	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	-6813.12	0.03937	0.0267	-0.00354	-355.07	2613-1	0.4708	
2613	0.94167	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	-5591.26	0.03937	0.0267	-0.02208	2565.13	2613-1	0.9417	
2613	1.4125	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	-4369.39	0.03937	0.0267	-0.04061	4910.03	2613-1	1.4125	
2613	1.88333	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	-3147.53	0.03937	0.0267	-0.05915	6679.64	2613-1	1.8833	
2613	2.35417	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	-1925.66	0.03937	0.0267	-0.07769	7873.95	2613-1	2.3542	
2613	2.825	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	-703.8	0.03937	0.0267	-0.09622	8492.97	2613-1	2.825	
2613	3.29583	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	518.07	0.03937	0.0267	-0.11	8536.69	2613-1	3.2958	
2613	3.76667	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	1739.94	0.03937	0.0267	-0.13	8005.12	2613-1	3.7667	
2613	4.2375	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	2961.8	0.03937	0.0267	-0.15	6898.25	2613-1	4.2375	
2613	4.70833	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	4183.67	0.03937	0.0267	-0.17	5216.09	2613-1	4.7083	
2613	5.17917	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	5405.53	0.03937	0.0267	-0.19	2958.63	2613-1	5.1792	
2613	5.65	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		52.07	6627.4	0.03937	0.0267	-0.21	125.88	2613-1	5.65	
2613	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	-7919.41	0.03649	0.0247	0.00827	-3696.67	2613-1	0	
2613	0.47083	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	-6697.54	0.03649	0.0247	-0.00891	-255.6	2613-1	0.4708	
2613	0.94167	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	-5475.67	0.03649	0.0247	-0.02609	2610.18	2613-1	0.9417	
2613	1.4125	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	-4253.81	0.03649	0.0247	-0.04327	4900.66	2613-1	1.4125	
2613	1.88333	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	-3031.94	0.03649	0.0247	-0.06045	6615.85	2613-1	1.8833	
2613	2.35417	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	-1810.08	0.03649	0.0247	-0.07763	7755.74	2613-1	2.3542	
2613	2.825	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	-588.21	0.03649	0.0247	-0.09481	8320.34	2613-1	2.825	
2613	3.29583	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	633.65	0.03649	0.0247	-0.11	8309.64	2613-1	3.2958	
2613	3.76667	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	1855.52	0.03649	0.0247	-0.13	7723.64	2613-1	3.7667	

2613	4.2375	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	3077.39	0.03649	0.0247	-0.15	6562.36	2613-1	4.2375
2613	4.70833	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	4299.25	0.03649	0.0247	-0.16	4825.77	2613-1	4.7083
2613	5.17917	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	5521.12	0.03649	0.0247	-0.18	2513.89	2613-1	5.1792
2613	5.65	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		49.92	6742.98	0.03649	0.0247	-0.2	-373.28	2613-1	5.65
2613	0	1.2 D + L +0.5 R	Combination		49.92	-7919.41	0.03649	0.0247	0.00827	-3696.67	2613-1	0
2613	0.47083	1.2 D + L +0.5 R	Combination		49.92	-6697.54	0.03649	0.0247	-0.00891	-255.6	2613-1	0.4708
2613	0.94167	1.2 D + L +0.5 R	Combination		49.92	-5475.67	0.03649	0.0247	-0.02609	2610.18	2613-1	0.9417
2613	1.4125	1.2 D + L +0.5 R	Combination		49.92	-4253.81	0.03649	0.0247	-0.04327	4900.66	2613-1	1.4125
2613	1.88333	1.2 D + L +0.5 R	Combination		49.92	-3031.94	0.03649	0.0247	-0.06045	6615.85	2613-1	1.8833

Hasil *output* M,D,N pada balok 1 dengan profil WF 350X350

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	Frame Elem	Elem Station
Text	m	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Text	m
1771	0	1.4 D	Combination		66.41	-3293.4	0.33	0.7	1.25	-4429.76	1771-1	0
1771	0.47727	1.4 D	Combination		66.41	-2778.23	0.33	0.7	1.09	-2980.85	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.4 D	Combination		66.41	-2263.07	0.33	0.7	0.93	-1777.81	1771-1	0.95455
1771	1.43182	1.4 D	Combination		66.41	-1747.9	0.33	0.7	0.77	-820.65	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.4 D	Combination		66.41	-1232.74	0.33	0.7	0.61	-109.36	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.4 D	Combination		66.41	-717.57	0.33	0.7	0.45	356.05	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.4 D	Combination		66.41	-202.4	0.33	0.7	0.29	575.59	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.4 D	Combination		66.41	312.76	0.33	0.7	0.13	549.26	1771-1	3.34091
1771	3.81818	1.4 D	Combination		66.41	827.93	0.33	0.7	-0.02453	277.05	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.4 D	Combination		66.41	1343.09	0.33	0.7	-0.18	-241.04	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.4 D	Combination		66.41	1858.26	0.33	0.7	-0.34	-1004.99	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.4 D	Combination		66.41	2373.42	0.33	0.7	-0.5	-2014.83	1771-1	5.25
1771	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	-2851.45	0.3	0.72	1.65	-3933.76	1771-1	0
1771	0.47727	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	-2409.88	0.3	0.72	1.51	-2678.22	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	-1968.31	0.3	0.72	1.36	-1633.42	1771-1	0.95455

1771	1.43182	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	-1526.74	0.3	0.72	1.22	-799.38	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	-1085.17	0.3	0.72	1.08	-176.08	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	-643.6	0.3	0.72	0.93	236.46	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	-202.03	0.3	0.72	0.79	438.26	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	239.54	0.3	0.72	0.64	429.31	1771-1	3.34091
1771	3.81818	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	681.11	0.3	0.72	0.5	209.61	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	1122.68	0.3	0.72	0.36	-220.84	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	1564.25	0.3	0.72	0.21	-862.05	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-13.22	2005.82	0.3	0.72	0.06705	-1713.99	1771-1	5.25
1771	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	-2840.75	0.3	0.67	1.43	-3882.45	1771-1	0
1771	0.47727	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	-2399.18	0.3	0.67	1.29	-2632.02	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	-1957.61	0.3	0.67	1.15	-1592.33	1771-1	0.95455
1771	1.43182	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	-1516.04	0.3	0.67	1.01	-763.39	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	-1074.47	0.3	0.67	0.87	-145.2	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	-632.9	0.3	0.67	0.73	262.23	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	-191.33	0.3	0.67	0.59	458.92	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	250.24	0.3	0.67	0.45	444.86	1771-1	3.34091
1771	3.81818	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	691.81	0.3	0.67	0.3	220.05	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	1133.38	0.3	0.67	0.16	-215.5	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	1574.95	0.3	0.67	0.02173	-861.81	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		13.08	2016.52	0.3	0.67	-0.12	-1718.87	1771-1	5.25
1771	0	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	-2840.75	0.3	0.67	1.43	-3882.45	1771-1	0
1771	0.47727	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	-2399.18	0.3	0.67	1.29	-2632.02	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	-1957.61	0.3	0.67	1.15	-1592.33	1771-1	0.95455
1771	1.43182	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	-1516.04	0.3	0.67	1.01	-763.39	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	-1074.47	0.3	0.67	0.87	-145.2	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	-632.9	0.3	0.67	0.73	262.23	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	-191.33	0.3	0.67	0.59	458.92	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	250.24	0.3	0.67	0.45	444.86	1771-1	3.34091

1771	3.81818	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	691.81	0.3	0.67	0.3	220.05	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	1133.38	0.3	0.67	0.16	-215.5	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	1574.95	0.3	0.67	0.02173	-861.81	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.2 D + L +0.5 R	Combination		13.08	2016.52	0.3	0.67	-0.12	-1718.87	1771-1	5.25
1771	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	-2545.78	0.4	0.85	2.18	-3199.38	1771-1	0
1771	0.47727	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	-2104.21	0.4	0.85	1.99	-2089.53	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	-1662.64	0.4	0.85	1.81	-1190.29	1771-1	0.95455
1771	1.43182	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	-1221.07	0.4	0.85	1.62	-501.43	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	-779.5	0.4	0.85	1.44	-21.73	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	-337.93	0.4	0.85	1.26	301.06	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	103.64	0.4	0.85	1.08	624.48	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	545.21	0.4	0.85	0.91	749.73	1771-1	3.34091
1771	3.81818	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	986.78	0.4	0.85	0.73	665.17	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	1428.35	0.4	0.85	0.57	370.11	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	1869.92	0.4	0.85	0.4	-135.59	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	32.22	2311.49	0.4	0.85	0.25	-851.98	1771-1	5.25
1771	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-3135.72	0.19	0.5	0.69	-4565.53	1771-1	0
1771	0.47727	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-2694.15	0.19	0.5	0.59	-3174.51	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-2252.58	0.19	0.5	0.5	-1994.37	1771-1	0.95455
1771	1.43182	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-1811.01	0.19	0.5	0.4	-1025.35	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-1369.44	0.19	0.5	0.3	-268.68	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-927.87	0.19	0.5	0.2	223.41	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-486.3	0.19	0.5	0.09157	293.37	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	-44.73	0.19	0.5	-0.01538	139.99	1771-1	3.34091
1771	3.81818	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	396.84	0.19	0.5	-0.13	-225.06	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	838.41	0.19	0.5	-0.24	-801.11	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	1279.98	0.19	0.5	-0.36	-1588.03	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-6.06	1721.55	0.19	0.5	-0.49	-2585.75	1771-1	5.25
1771	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	9043.59	2.61	3.15	8.44	24686.81	1771-1	0

1771	0.47727	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	9485.16	2.61	3.15	7.21	20265.18	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	9926.73	2.61	3.15	6	15632.8	1771-1	0.95455
1771	1.43182	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	10368.3	2.61	3.15	4.8	10789.67	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	10809.87	2.61	3.15	3.63	5735.81	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	11251.44	2.61	3.15	2.57	472.18	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	11693.01	2.61	3.15	1.84	5922.13	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	12134.58	2.61	3.15	1.92	11580.12	1771-1	3.34091
1771	3.81818	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	12576.15	2.61	3.15	2.59	17027.37	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	13017.72	2.61	3.15	3.43	22263.88	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	13459.29	2.61	3.15	4.33	27289.64	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	144.14	13900.86	2.61	3.15	5.26	32104.65	1771-1	5.25
1771	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-14725.08	-2.01	-1.81	-5.57	-32451.72	1771-1	0
1771	0.47727	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-14283.51	-2.01	-1.81	-4.63	-25529.21	1771-1	0.47727
1771	0.95455	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-13841.94	-2.01	-1.81	-3.69	-18817.46	1771-1	0.95455
1771	1.43182	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-13400.37	-2.01	-1.81	-2.78	-12316.46	1771-1	1.43182
1771	1.90909	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-12958.8	-2.01	-1.81	-1.9	-6026.22	1771-1	1.90909
1771	2.38636	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-12517.23	-2.01	-1.81	-1.11	52.29	1771-1	2.38636
1771	2.86364	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-12075.66	-2.01	-1.81	-0.66	-5004.28	1771-1	2.86364
1771	3.34091	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-11634.09	-2.01	-1.81	-1.03	-10690.39	1771-1	3.34091
1771	3.81818	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-11192.52	-2.01	-1.81	-1.98	-16587.26	1771-1	3.81818
1771	4.29545	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-10750.95	-2.01	-1.81	-3.1	-22694.89	1771-1	4.29545
1771	4.77273	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-10309.38	-2.01	-1.81	-4.29	-29013.26	1771-1	4.77273
1771	5.25	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-117.98	-9867.81	-2.01	-1.81	-5.5	-35542.39	1771-1	5.25
1771	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	-1822.21	0.32	0.63	1.55	-2164.63	1771-1	0
1771	0.47727	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	-1491.03	0.32	0.63	1.4	-1373.77	1771-1	0.47727
1771	0.95455	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	-1159.86	0.32	0.63	1.25	-740.83	1771-1	0.95455
1771	1.43182	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	-828.68	0.32	0.63	1.11	-265.6	1771-1	1.43182
1771	1.90909	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	-497.5	0.32	0.63	0.96	53.17	1771-1	1.90909
1771	2.38636	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	-166.32	0.32	0.63	0.82	267.71	1771-1	2.38636

1771	2.86364	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	164.85	0.32	0.63	0.68	535.57	1771-1	2.86364
1771	3.34091	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	496.03	0.32	0.63	0.55	657.96	1771-1	3.34091
1771	3.81818	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	827.21	0.32	0.63	0.41	623.21	1771-1	3.81818
1771	4.29545	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	1158.39	0.32	0.63	0.29	430.66	1771-1	4.29545
1771	4.77273	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	1489.56	0.32	0.63	0.16	80.15	1771-1	4.77273
1771	5.25	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	61.83	1820.74	0.32	0.63	0.04487	-428.36	1771-1	5.25
1771	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-2412.15	0.11	0.27	0.05825	-3530.78	1771-1	0
1771	0.47727	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-2080.98	0.11	0.27	0.0009538	-2458.75	1771-1	0.47727
1771	0.95455	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-1749.8	0.11	0.27	-0.05736	-1544.92	1771-1	0.95455
1771	1.43182	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-1418.62	0.11	0.27	-0.12	-789.52	1771-1	1.43182
1771	1.90909	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-1087.44	0.11	0.27	-0.18	-193.78	1771-1	1.90909
1771	2.38636	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-756.27	0.11	0.27	-0.24	190.07	1771-1	2.38636
1771	2.86364	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-425.09	0.11	0.27	-0.31	204.47	1771-1	2.86364
1771	3.34091	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	-93.91	0.11	0.27	-0.37	48.22	1771-1	3.34091
1771	3.81818	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	237.27	0.11	0.27	-0.45	-267.01	1771-1	3.81818
1771	4.29545	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	568.44	0.11	0.27	-0.52	-740.56	1771-1	4.29545
1771	4.77273	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	899.62	0.11	0.27	-0.6	-1372.29	1771-1	4.77273
1771	5.25	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	23.55	1230.8	0.11	0.27	-0.69	-2162.13	1771-1	5.25
1771	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	9767.15	2.53	2.93	7.8	25721.56	1771-1	0
1771	0.47727	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	10098.33	2.53	2.93	6.62	20980.93	1771-1	0.47727
1771	0.95455	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	10429.51	2.53	2.93	5.44	16082.25	1771-1	0.95455
1771	1.43182	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	10760.69	2.53	2.93	4.28	11025.5	1771-1	1.43182
1771	1.90909	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	11091.86	2.53	2.93	3.16	5810.71	1771-1	1.90909
1771	2.38636	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	11423.04	2.53	2.93	2.13	438.83	1771-1	2.38636
1771	2.86364	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	11754.22	2.53	2.93	1.44	5833.23	1771-1	2.86364
1771	3.34091	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	12085.4	2.53	2.93	1.56	11488.35	1771-1	3.34091
1771	3.81818	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	12416.57	2.53	2.93	2.27	16985.42	1771-1	3.81818
1771	4.29545	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	12747.75	2.53	2.93	3.15	22324.43	1771-1	4.29545
1771	4.77273	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	13078.93	2.53	2.93	4.09	27505.39	1771-1	4.77273

1771	5.25	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	173.75	13410.11	2.53	2.93	5.05	32528.28	1771-1	5.25	Mu Max
1771	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-14001.52	-2.1	-2.03	-6.2	-31416.97	1771-1	0	
1771	0.47727	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-13670.34	-2.1	-2.03	-5.22	-24813.45	1771-1	0.47727	
1771	0.95455	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-13339.16	-2.1	-2.03	-4.25	-18368.01	1771-1	0.95455	
1771	1.43182	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-13007.99	-2.1	-2.03	-3.29	-12080.62	1771-1	1.43182	
1771	1.90909	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-12676.81	-2.1	-2.03	-2.37	-5951.32	1771-1	1.90909	
1771	2.38636	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-12345.63	-2.1	-2.03	-1.55	18.95	1771-1	2.38636	
1771	2.86364	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-12014.45	-2.1	-2.03	-1.06	-5093.18	1771-1	2.86364	
1771	3.34091	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-11683.28	-2.1	-2.03	-1.39	-10782.16	1771-1	3.34091	
1771	3.81818	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-11352.1	-2.1	-2.03	-2.3	-16629.22	1771-1	3.81818	
1771	4.29545	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-11020.92	-2.1	-2.03	-3.38	-22634.34	1771-1	4.29545	
1771	4.77273	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-10689.74	-2.1	-2.03	-4.53	-28797.52	1771-1	4.77273	
1771	5.25	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-88.37	-10358.57	-2.1	-2.03	-5.7	-35118.77	1771-1	5.25	
1705	0	1.4 D	Combination		380.8	24065.3	4.98	3.61	6.8	18916.9	1705-1	0	
1705	0.5	1.4 D	Combination		380.8	24505.88	4.98	3.61	4.31	6774.1	1705-1	0.5	
1705	1	1.4 D	Combination		380.8	24946.45	4.98	3.61	1.82	-5588.98	1705-1	1	
1705	1.5	1.4 D	Combination		380.8	25387.03	4.98	3.61	-0.67	-18172.35	1705-1	1.5	
1705	2	1.4 D	Combination		380.8	25827.61	4.98	3.61	-3.16	-30976.01	1705-1	2	
1705	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		389.86	25690.48	5.03	4.27	6.62	20967.7	1705-1	0	
1705	0.5	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		389.86	26068.12	5.03	4.27	4.11	8028.04	1705-1	0.5	
1705	1	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		389.86	26445.76	5.03	4.27	1.59	-5100.43	1705-1	1	
1705	1.5	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		389.86	26823.4	5.03	4.27	-0.92	-18417.71	1705-1	1.5	
1705	2	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		389.86	27201.03	5.03	4.27	-3.44	-31923.82	1705-1	2	
1705	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		366.06	23791.83	4.74	3.83	6.32	19185.24	1705-1	0	
1705	0.5	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		366.06	24169.46	4.74	3.83	3.95	7194.92	1705-1	0.5	
1705	1	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		366.06	24547.1	4.74	3.83	1.58	-4984.22	1705-1	1	
1705	1.5	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		366.06	24924.74	4.74	3.83	-0.79	-17352.18	1705-1	1.5	
1705	2	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		366.06	25302.38	4.74	3.83	-3.16	-29908.96	1705-1	2	
1705	0	1.2 D + L + 0.5 R	Combination		366.06	23791.83	4.74	3.83	6.32	19185.24	1705-1	0	

1705	0.5	1.2 D + L +0.5 R	Combination		366.06	24169.46	4.74	3.83	3.95	7194.92	1705-1	0.5	Mu Min
1705	1	1.2 D + L +0.5 R	Combination		366.06	24547.1	4.74	3.83	1.58	-4984.22	1705-1	1	
1705	1.5	1.2 D + L +0.5 R	Combination		366.06	24924.74	4.74	3.83	-0.79	-17352.18	1705-1	1.5	
1705	2	1.2 D + L +0.5 R	Combination		366.06	25302.38	4.74	3.83	-3.16	-29908.96	1705-1	2	
1705	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	380.89	23981.38	8.94	23.57	11.08	19309.22	1705-1	0	
1705	0.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	380.89	24359.02	8.94	23.57	6.61	7372.65	1705-1	0.5	
1705	1	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	380.89	24736.65	8.94	23.57	2.15	-4727.76	1705-1	1	
1705	1.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	380.89	25114.29	8.94	23.57	0.74	-17008.78	1705-1	1.5	
1705	2	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	380.89	25491.93	8.94	23.57	0.47	-29475.33	1705-1	2	
1705	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	351.23	23602.27	0.55	-15.9	1.56	19061.26	1705-1	0	
1705	0.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	351.23	23979.91	0.55	-15.9	1.29	7017.18	1705-1	0.5	
1705	1	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	351.23	24357.55	0.55	-15.9	1.01	-5240.69	1705-1	1	
1705	1.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	351.23	24735.19	0.55	-15.9	-2.33	-17695.58	1705-1	1.5	
1705	2	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	351.23	25112.82	0.55	-15.9	-6.79	-30342.6	1705-1	2	
1705	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	571.47	29632.44	9.41	4.22	10.54	26487.07	1705-1	0	
1705	0.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	571.47	30010.07	9.41	4.22	6	17417.04	1705-1	0.5	
1705	1	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	571.47	30387.71	9.41	4.22	2.8	8158.2	1705-1	1	
1705	1.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	571.47	30765.35	9.41	4.22	2.31	-1289.46	1705-1	1.5	
1705	2	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	571.47	31142.99	9.41	4.22	2.19	-10925.94	1705-1	2	
1705	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	160.66	17951.22	0.07979	3.44	2.1	11883.41	1705-1	0	
1705	0.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	160.66	18328.85	0.07979	3.44	1.9	-3027.2	1705-1	0.5	
1705	1	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	160.66	18706.49	0.07979	3.44	0.36	-18126.64	1705-1	1	
1705	1.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	160.66	19084.13	0.07979	3.44	-3.9	-33414.91	1705-1	1.5	
1705	2	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	160.66	19461.77	0.07979	3.44	-8.52	-48891.99	1705-1	2	
1705	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	259.63	15660.1	7.4	22.06	9.13	12284.84	1705-1	0	
1705	0.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	259.63	15943.33	7.4	22.06	5.43	4532.51	1705-1	0.5	
1705	1	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	259.63	16226.56	7.4	22.06	1.74	-3336.45	1705-1	1	
1705	1.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	259.63	16509.79	7.4	22.06	1.1	-11338.83	1705-1	1.5	
1705	2	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	259.63	16793.01	7.4	22.06	1.6	-19479.52	1705-1	2	

1705	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	229.96	15281	-0.99	-17.41	-0.39	12036.89	1705-1	0
1705	0.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	229.96	15564.22	-0.99	-17.41	0.11	4177.05	1705-1	0.5
1705	1	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	229.96	15847.45	-0.99	-17.41	0.6	-3849.38	1705-1	1
1705	1.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	229.96	16130.68	-0.99	-17.41	-1.96	-12025.63	1705-1	1.5
1705	2	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	229.96	16413.91	-0.99	-17.41	-5.66	-20346.78	1705-1	2
1705	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	450.2	21311.16	7.86	2.71	8.59	19462.69	1705-1	0
1705	0.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	450.2	21594.39	7.86	2.71	4.82	14576.9	1705-1	0.5
1705	1	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	450.2	21877.62	7.86	2.71	2.39	9549.5	1705-1	1
1705	1.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	450.2	22160.84	7.86	2.71	2.68	4380.49	1705-1	1.5
1705	2	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	450.2	22444.07	7.86	2.71	3.32	-930.13	1705-1	2
1705	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	39.39	9629.94	-1.46	1.93	0.15	4859.03	1705-1	0
1705	0.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	39.39	9913.17	-1.46	1.93	0.72	-5867.34	1705-1	0.5
1705	1	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	39.39	10196.4	-1.46	1.93	-0.04813	-16735.34	1705-1	1
1705	1.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	39.39	10479.62	-1.46	1.93	-3.53	-27744.95	1705-1	1.5
1705	2	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	39.39	10762.85	-1.46	1.93	-7.38	-38896.17	1705-1	2
1710	0	1.4 D	Combination		-1719.7	13595.8	-29.18	7.22	-40.75	13722.81	1710-1	0
1710	0.5	1.4 D	Combination		-1719.7	14036.38	-29.18	7.22	-26.16	6814.76	1710-1	0.5
1710	1	1.4 D	Combination		-1719.7	14476.95	-29.18	7.22	-11.57	-313.57	1710-1	1
1710	1.5	1.4 D	Combination		-1719.7	14917.53	-29.18	7.22	3.02	-7662.19	1710-1	1.5
1710	2	1.4 D	Combination		-1719.7	15358.11	-29.18	7.22	17.62	-15231.1	1710-1	2
1710	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-1610.3	11519.66	-27.91	6.5	-38.79	12072.43	1710-1	0
1710	0.5	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-1610.3	11897.29	-27.91	6.5	-24.84	6218.19	1710-1	0.5
1710	1	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-1610.3	12274.93	-27.91	6.5	-10.88	175.14	1710-1	1
1710	1.5	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-1610.3	12652.57	-27.91	6.5	3.08	-6056.74	1710-1	1.5
1710	2	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-1610.3	13030.2	-27.91	6.5	17.03	-12477.43	1710-1	2
1710	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-1559.2	11569.86	-26.83	6.38	-37.34	11956.17	1710-1	0
1710	0.5	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-1559.2	11947.5	-26.83	6.38	-23.93	6076.83	1710-1	0.5
1710	1	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-1559.2	12325.14	-26.83	6.38	-10.52	8.67	1710-1	1
1710	1.5	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-1559.2	12702.77	-26.83	6.38	2.9	-6248.31	1710-1	1.5

1710	2	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-1559.2	13080.41	-26.83	6.38	16.31	-12694.1	1710-1	2
1710	0	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-1559.2	11569.86	-26.83	6.38	-37.34	11956.17	1710-1	0
1710	0.5	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-1559.2	11947.5	-26.83	6.38	-23.93	6076.83	1710-1	0.5
1710	1	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-1559.2	12325.14	-26.83	6.38	-10.52	8.67	1710-1	1
1710	1.5	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-1559.2	12702.77	-26.83	6.38	2.9	-6248.31	1710-1	1.5
1710	2	1.2 D + L +0.5 R	Combination		-1559.2	13080.41	-26.83	6.38	16.31	-12694.1	1710-1	2
1710	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	-1548.1	11583.9	-12.06	9.69	-21.02	11974.37	1710-1	0
1710	0.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	-1548.1	11961.53	-12.06	9.69	-14.99	6100.68	1710-1	0.5
1710	1	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	-1548.1	12339.17	-12.06	9.69	-8.95	38.75	1710-1	1
1710	1.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	-1548.1	12716.81	-12.06	9.69	8.72	-6211.71	1710-1	1.5
1710	2	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	-1548.1	13094.45	-12.06	9.69	29.51	-12650.84	1710-1	2
1710	0	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-1570.29	11555.83	-41.59	3.07	-53.67	11937.97	1710-1	0
1710	0.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-1570.29	11933.47	-41.59	3.07	-32.88	6052.98	1710-1	0.5
1710	1	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-1570.29	12311.1	-41.59	3.07	-12.08	-21.41	1710-1	1
1710	1.5	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-1570.29	12688.74	-41.59	3.07	-2.93	-6284.9	1710-1	1.5
1710	2	1.2 D +1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-1570.29	13066.38	-41.59	3.07	3.11	-12737.37	1710-1	2
1710	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	-1152.3	12205.27	-20.03	6.48	-31.35	12929.18	1710-1	0
1710	0.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	-1152.3	12582.91	-20.03	6.48	-21.33	7367.45	1710-1	0.5
1710	1	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	-1152.3	12960.55	-20.03	6.48	-9.71	1616.93	1710-1	1
1710	1.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	-1152.3	13338.19	-20.03	6.48	7.1	-4322.38	1710-1	1.5
1710	2	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	-1152.3	13715.82	-20.03	6.48	23.91	-10450.5	1710-1	2
1710	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-1966.1	10934.45	-33.62	6.27	-43.34	10983.16	1710-1	0
1710	0.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-1966.1	11312.09	-33.62	6.27	-26.53	4786.22	1710-1	0.5
1710	1	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-1966.1	11689.73	-33.62	6.27	-11.33	-1599.59	1710-1	1
1710	1.5	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-1966.1	12067.36	-33.62	6.27	-1.3	-8174.23	1710-1	1.5
1710	2	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-1966.1	12445	-33.62	6.27	8.71	-14937.71	1710-1	2
1710	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	-1094.43	8754.19	-4	7.95	-9.87	8840	1710-1	0
1710	0.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	-1094.43	9037.42	-4	7.95	-7.87	4404.77	1710-1	0.5
1710	1	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	-1094.43	9320.65	-4	7.95	-5.87	-171.5	1710-1	1

1710	1.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	-1094.43	9603.87	-4	7.95	7.77	-4889.1	1710-1	1.5
1710	2	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	-1094.43	9887.1	-4	7.95	24.53	-9748.15	1710-1	2
1710	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-1116.61	8726.12	-33.53	1.33	-42.52	8803.61	1710-1	0
1710	0.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-1116.61	9009.35	-33.53	1.33	-25.76	4357.07	1710-1	0.5
1710	1	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-1116.61	9292.58	-33.53	1.33	-9	-231.66	1710-1	1
1710	1.5	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-1116.61	9575.81	-33.53	1.33	-3.88	-4962.29	1710-1	1.5
1710	2	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-1116.61	9859.04	-33.53	1.33	-1.88	-9834.69	1710-1	2
1710	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	-698.62	9375.57	-11.97	4.74	-20.2	9794.81	1710-1	0
1710	0.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	-698.62	9658.8	-11.97	4.74	-14.22	5671.53	1710-1	0.5
1710	1	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	-698.62	9942.02	-11.97	4.74	-6.63	1406.68	1710-1	1
1710	1.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	-698.62	10225.25	-11.97	4.74	6.14	-2999.77	1710-1	1.5
1710	2	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	-698.62	10508.48	-11.97	4.74	18.92	-7547.82	1710-1	2
1710	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-1512.42	8104.75	-25.56	4.53	-32.19	7848.8	1710-1	0
1710	0.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-1512.42	8387.97	-25.56	4.53	-19.42	3090.31	1710-1	0.5
1710	1	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-1512.42	8671.2	-25.56	4.53	-8.25	-1809.84	1710-1	1
1710	1.5	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-1512.42	8954.43	-25.56	4.53	-2.26	-6851.62	1710-1	1.5
1710	2	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-1512.42	9237.66	-25.56	4.53	3.73	-12035.02	1710-1	2
1009	0	1.4 D	Combination		-33.44	-2736.58	-12.54	26.26	1.96	-1556.22	1009-1	0
1009	0.4	1.4 D	Combination		-33.44	-2132.46	-12.54	26.26	6.97	-582.41	1009-1	0.4
1009	0.8	1.4 D	Combination		-33.44	-1528.33	-12.54	26.26	11.99	149.75	1009-1	0.8
1009	0	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-28.91	-2899.08	-12.41	24.9	0.73	-1626.01	1009-1	0
1009	0.4	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-28.91	-2381.25	-12.41	24.9	5.7	-569.95	1009-1	0.4
1009	0.8	1.2 D + 1.6 L + 0.5 R	Combination		-28.91	-1863.43	-12.41	24.9	10.66	278.99	1009-1	0.8
1009	0	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-28.82	-2691.54	-11.79	24	1.09	-1516.47	1009-1	0
1009	0.4	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-28.82	-2173.72	-11.79	24	5.8	-543.42	1009-1	0.4
1009	0.8	1.2 D + 1.6 R + L	Combination		-28.82	-1655.89	-11.79	24	10.52	222.5	1009-1	0.8
1009	0	1.2 D + L + 0.5 R	Combination		-28.82	-2691.54	-11.79	24	1.09	-1516.47	1009-1	0
1009	0.4	1.2 D + L + 0.5 R	Combination		-28.82	-2173.72	-11.79	24	5.8	-543.42	1009-1	0.4
1009	0.8	1.2 D + L + 0.5 R	Combination		-28.82	-1655.89	-11.79	24	10.52	222.5	1009-1	0.8

1009	0	1.2 D + 1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	793.01	32185.15	-6.25	24.28	7.56	18681.42	1009-1	0	Vu Min
1009	0.4	1.2 D + 1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	793.01	32702.97	-6.25	24.28	14.31	5705.17	1009-1	0.4	
1009	0.8	1.2 D + 1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Max	793.01	33220.79	-6.25	24.28	21.14	7928.19	1009-1	0.8	
1009	0	1.2 D + 1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-850.65	-37568.23	-17.32	23.73	-5.38	-21714.36	1009-1	0	
1009	0.4	1.2 D + 1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-850.65	-37050.41	-17.32	23.73	-2.71	-6792.01	1009-1	0.4	
1009	0.8	1.2 D + 1 Ex + L + 0.2 R	Combination	Min	-850.65	-36532.58	-17.32	23.73	-0.11	-7483.18	1009-1	0.8	Vu Max
1009	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	29.39	-567.96	29.23	26.17	8.06	-655.13	1009-1	0	
1009	0.4	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	29.39	-50.13	29.23	26.17	19.02	-423.19	1009-1	0.4	
1009	0.8	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Max	29.39	467.69	29.23	26.17	39.48	1076.94	1009-1	0.8	
1009	0	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-87.03	-4815.12	-52.8	21.84	-5.89	-2377.81	1009-1	0	
1009	0.4	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-87.03	-4297.3	-52.8	21.84	-7.42	-663.65	1009-1	0.4	Vu Max
1009	0.8	1.2 D + Ey + L + 0.2 R	Combination	Min	-87.03	-3779.48	-52.8	21.84	-18.45	-631.94	1009-1	0.8	
1009	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	800.34	33117.46	-2.53	17.16	7.73	19197.47	1009-1	0	
1009	0.4	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	800.34	33505.82	-2.53	17.16	12.99	5874.18	1009-1	0.4	
1009	0.8	0.9 D + 1 Ex	Combination	Max	800.34	33894.19	-2.53	17.16	18.33	7801.95	1009-1	0.8	
1009	0	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-843.33	-36635.92	-13.6	16.6	-5.21	-21198.32	1009-1	0	Vu Max
1009	0.4	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-843.33	-36247.55	-13.6	16.6	-4.03	-6622.99	1009-1	0.4	
1009	0.8	0.9 D + 1 Ex	Combination	Min	-843.33	-35859.19	-13.6	16.6	-2.92	-7609.42	1009-1	0.8	
1009	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	36.71	364.35	32.95	19.05	8.23	-139.08	1009-1	0	
1009	0.4	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	36.71	752.72	32.95	19.05	17.7	-254.17	1009-1	0.4	
1009	0.8	0.9 D + 1 Ey	Combination	Max	36.71	1141.08	32.95	19.05	36.67	950.71	1009-1	0.8	Vu Max
1009	0	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-79.7	-3882.81	-49.08	14.72	-5.72	-1861.77	1009-1	0	
1009	0.4	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-79.7	-3494.45	-49.08	14.72	-8.74	-494.64	1009-1	0.4	
1009	0.8	0.9 D + 1 Ey	Combination	Min	-79.7	-3106.08	-49.08	14.72	-21.26	-758.17	1009-1	0.8	

(Halaman dikosongkan)